



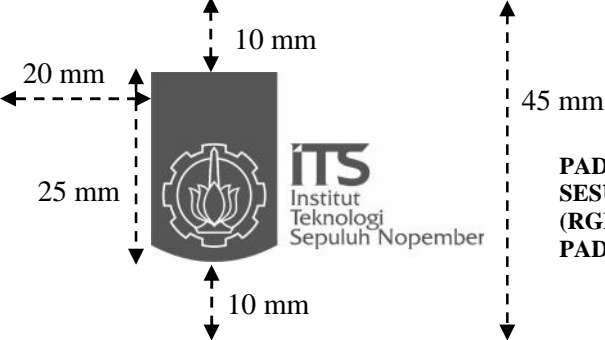
**TUGAS AKHIR — RE 141581**

## **PERENCANAAN PENGELOLAAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN KEPUTIH SURABAYA**

**ROCHMA SEPTI PRATIWI**  
**3311100125**

Dosen Pembimbing  
Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD.

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**



**PADA BIDANG INI LAMBANG WARNA BIRU  
SESUAI STANDAR GRAFIS IDENTITAS ITS  
(RGB: 0,103,172 atau CMYK: 100,40,0,0)  
PADA KERTAS WARNA DASAR PUTIH**

**PADA BIDANG INI DASAR KERTAS WARNA BIRU  
SESUAI STANDAR GRAFIS IDENTITAS ITS  
(RGB: 0,103,172 atau CMYK: 100,40,0,0)  
SEMUA TULISAN BERWARNA PUTIH**

**TUGAS AKHIR — RE 091324**      Trebuchet MS (Bold) 10 Point

**JUDUL TUGAS AKHIR YANG DISETUJUI OLEH  
DOSEN PEMBIMBING**

Trebuchet MS (Bold) 14 Point

NAMA MAHASISWA  
33XX100YYY

90 mm

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. ABCDEFGHIJ, MEng, PhD

Trebuchet MS 10 Point

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2013

20 mm

20 mm

20 mm



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

# **PEDOMAN PENULISAN TUGAS AKHIR 2013**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**



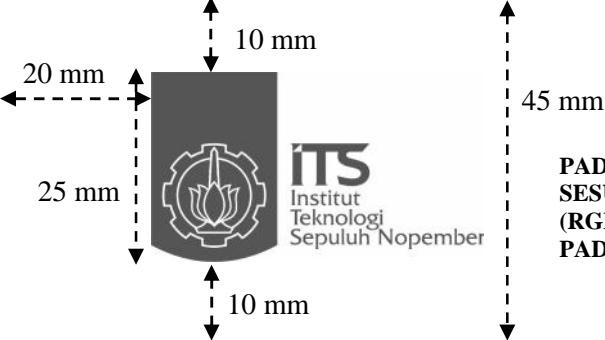
**FINAL PROJECT – RE 141581**

## **DOMESTIC WASTEWATER MANAGEMENT ON SURABAYA KEPUTIH SECTOR PLAN**

**ROCHMA SEPTI PRATIWI**  
**3311100125**

Supervisor  
Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD.

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**PADA BIDANG INI LAMBANG WARNA BIRU  
SESUAI STANDAR GRAFIS IDENTITAS ITS  
(RGB: 0,103,172 atau CMYK: 100,40,0,0)  
PADA KERTAS WARNA DASAR PUTIH**

**PADA BIDANG INI DASAR KERTAS WARNA BIRU  
SESUAI STANDAR GRAFIS IDENTITAS ITS  
(RGB: 0,103,172 atau CMYK: 100,40,0,0)  
SEMUA TULISAN BERWARNA PUTIH**

**TUGAS AKHIR — RE 091324**      Trebuchet MS (Bold) 10 Point

**JUDUL TUGAS AKHIR YANG DISETUJUI OLEH  
DOSEN PEMBIMBING**

Trebuchet MS (Bold) 14 Point

NAMA MAHASISWA  
33XX100YYY

90 mm

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. ABCDEFGHIJ, MEng, PhD

Trebuchet MS 10 Point

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2013

20 mm

20 mm

20 mm



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

# **PEDOMAN PENULISAN TUGAS AKHIR 2013**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**

# LEMBAR PENGESAHAN

**Perencanaan Pengelolaan Air Limbah Domestik di  
Kelurahan Keputih Surabaya**

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ROCHMA SEPTI PRATIWI**  
NRP. 3311 100 125

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Ipung Fitri Purwanti S.T., M.T., Ph.D  
NIP : 197111142003122001



## ABSTRAK

### PERENCANAAN PENGELOLAAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KELURAHAN KEPUTIH SURABAYA

**Nama** : Rochma Septi Pratiwi  
**NRP** : 3311 100 125  
**Jurusan** : Teknik Lingkungan FTSP ITS  
**Pembimbing** : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D

Air limbah domestik yang berasal dari rumah tangga menyebabkan berbagai persoalan lingkungan seperti pencemaran Kali Surabaya, peningkatan biaya pengolahan air minum oleh perusahaan daerah setempat dan menurunnya tingkat kesehatan masyarakat. Adanya persoalan ini mendorong terbentuknya suatu sistem pengolahan air limbah yang bersifat terintegrasi. Sistem yang ditawarkan merupakan suatu sistem pengelolaan air limbah domestik yang meliputi penyaluran serta pengolahan air limbah domestik, berupa *grey water* dan *black water*. Penyaluran air limbah didesain terpisah dengan air hujan dengan tujuan mengurangi resiko kontaminasi air limbah pada tubuh manusia sedangkan instalasi pengolahan yang digunakan adalah *anaerobic baffled reactor* (ABR). Unit ABR dipilih karena memiliki efisiensi yang tinggi serta biaya investasi yang rendah, baik investasi bangunan maupun pengoperasian dan perawatan bangunan. Pada perencanaan ini, efisiensi dari ABR adalah 76% dengan jumlah *chamber* sebanyak 6 buah. Selain itu, ABR tidak memerlukan tenaga ahli untuk pengoperasiannya karena tergolong mudah untuk dilakukan. Dengan adanya pengelolaan air limbah domestik ini, diharapkan pencemaran lingkungan dapat dikurangi dan taraf kesehatan masyarakat dapat meningkat.

Kata kunci: *air limbah domestik, anaerobic baffled reactor, pengelolaan air limbah, sistem pengolahan.*



**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

**ABSTRACT**  
**Domestic Wastewater Management**  
**on Surabaya Keputih Sector Plan**

**Name** : Rochma Septi Pratiwi  
**NRP** : 3311 100 125  
**Department** : Environmental Engineering  
**Supervisor** : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D

Water is one of a household domestic waste that can cause problems such as pollution in Surabaya river, increased cost of drinking water processing, and decreased health level of affected community. Based on this problem, it is important to create an integrated waste water processing system. This domestic wastewater management system consist of distribution plant and processing plant of grey water and the black one. The distribution of wastewater must be separated from the rain water with reason to reduce contamination risk on human body, on the other hand processing installation plant itself could use anaerobic baffled reactor (ABR). ABR is chosen for its high efficiency and low cost investment including its construction and operation. In this plan the ABR efficiency is about 76% by using 6 chambers. The other reason is reducing the involvement of experts because of its easy operation. By installing this domestic wastewater management system, we could expect on decreasing environment pollution and increasing community health.

**Keywords** : *anaerobic baffled reactor, domestic wastewater, processing system, wastewater management.*

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur alhamdulillah penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir tepat waktu. Tugas Akhir dengan judul **“Perencanaan Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kelurahan Keputih Surabaya”** dibuat sebagai persyaratan kelulusan pada Jurusan Teknik Lingkungan. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penyusun menyampaikan terima kasih yang kepada :

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T.,M.T.,Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan saran hingga selesainya proposal tugas akhir ini.
2. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D dan Bapak Welly Herumurti, S.T., MSc. yang telah membantu membimbing dan memberikan arahan dalam tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE., M.S., Ph.D, Ibu Beiby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D dan Ibu Alia Damayanti, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dan koreksi untuk tugas akhir ini.
4. Bapak Alfian Purnomo S.T., M.T selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat akademis.
5. Keluarga, Ibu, Ayah dan Adik yang telah memberikan nasehat dan semangat.
6. Teman-teman angkatan 2011 yang telah memberikan semangat dan dukungan, terimakasih banyak, *see you on top*.

Penyusunan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun pasti masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Surabaya, Januari 2015

Penyusun

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Perencanaan .....	1
1.2 Rumusan Masalah Perencanaan .....	2
1.3 Tujuan Perencanaan .....	3
1.4 Ruang Lingkup Perencanaan .....	3
1.5 Manfaat Perencanaan .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Air Limbah .....	5
2.1.1 Pengertian Air Limbah .....	5
2.1.2 Sumber Air Limbah .....	5
2.1.3 Karakteristik Air Limbah .....	6
2.2 Sistem Penyaluran Air Limbah .....	8
2.2.1 Sistem Penanganan Air Limbah .....	8
2.2.2 Sistem Pembuangan Air Limbah .....	8
2.2.3 Sistem Pengumpulan Air Limbah .....	9
2.3 Perencanaan Sistem Perpipaan .....	13
2.3.1 Pengaliran Air Limbah Melalui Perpipaan .....	13
2.3.2 Jaringan Pipa Air Limbah .....	15
2.3.3 Fluktuasi Pengaliran ( <i>Flow Rate</i> ) .....	16
2.3.4 Bangunan Pelengkap .....	18
2.4 Perencanaan Sistem Perpipaan .....	25
2.4.1 Pengaliran Air Limbah Melalui Perpipaan .....	25
2.4.2 Jaringan Pipa Air Limbah .....	25
2.4.3 Fluktuasi Pengaliran ( <i>Flow Rate</i> ) .....	25
2.4.4 Kecepatan dan Kemiringan Pipa .....	26
2.4.5 Diameter Pipa .....	28
2.4.6 Kedalaman Pipa .....	30
2.4.7 Bahan Perpipaan .....	30
2.5 Instalasi Pengolahan Air Limbah .....	31

2.5.1 Teknologi Pengolahan Air Limbah secara Fisik .....	32
2.5.2 Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik Komunal secara Biologis .....	35
2.6 Baku Mutu .....	44
2.6.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	44
<b>BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN.....</b>	<b>45</b>
3.1 Rencana Induk Air Limbah Surabaya.....	45
3.2 Kelembagaan Pengelola .....	46
3.3 Rencana Induk Sanitasi Kota Surabaya.....	48
3.4 Gambaran Umum Wilayah .....	49
3.5 Jumlah Penduduk.....	51
3.6 Fasilitas Umum Wilayah .....	51
3.7 Kondisi Sanitasi Air Limbah Wilayah .....	52
3.8 Peta Lokasi Perencanaan .....	54
<b>BAB 4 METODE PERENCANAAN .....</b>	<b>57</b>
4.1 Umum .....	57
4.2 Kerangka Perencanaan .....	57
4.2.1 Ide Perencanaan .....	57
4.2.2 Identifikasi Masalah .....	58
4.2.3 Studi Literatur.....	58
4.2.4 Pengumpulan Data .....	58
4.2.5 Perencanaan SPAL dan IPAL .....	62
4.2.6 Pembuatan Laporan .....	63
4.2.7 Kesimpulan dan Saran .....	63
<b>BAB 5 PEMBAHASAN PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH .....</b>	<b>65</b>
5.1 Proyeksi Wilayah Perencanaan.....	65
5.2 Pemilihan Metode Proyeksi Penduduk.....	68
5.3 Perhitungan Debit Air Limbah.....	77
5.4 Perkiraan Jumlah Fasilitas Umum .....	89
5.5 Dimensi Saluran Air Limbah .....	93
5.6 Penanaman Pipa .....	101
5.7 Perhitungan <i>Manhole</i> .....	103
<b>BAB 6 PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH .....</b>	<b>107</b>
6.1 <i>Preliminary Sizing</i> .....	107
6.1.1 Kuantitas Air Limbah Domestik.....	107

6.1.2 Penetapan Baku Mutu Effluen yang Digunakan.....	108
6.1.3 Pemilihan Jenis Pengolahan .....	108
6.2 <i>Preliminary Design</i> .....	112
6.2.1 Bagan Alir Proses .....	112
6.2.2 Menetapkan Kriteria Perencanaan .....	112
6.2.3 Menghitung Dimensi Unit Operasi dan Proses.....	116
6.2.4 <i>Mass Balance</i> .....	122
6.2.5 Produksi Lumpur.....	124
6.2.6 Produksi Biogas.....	126
<b>BAB 7 <i>BILL OF QUANTITY</i> DAN RENCANA</b>	
<b>ANGGARAN BIAYA .....</b>	<b>129</b>
7.1 <i>Bill Of Quantity</i> .....	129
7.2 Rencana Anggaran Biaya.....	141
<b>BAB 8 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>143</b>
8.1 Kesimpulan .....	143
8.2 Saran .....	145
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xix</b>



**“Halaman Ini Sengaja Dikосongkan”**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Jarak Antar <i>Manhole</i> pada Jalur Lurus.....	18
<b>Tabel 2.2</b> Dimensi Lubang Inspeksi.....	23
<b>Tabel 2.3</b> Koefisien Kekasaran Pipa.....	26
<b>Tabel 2.4</b> Kecepatan Minimal Air dalam Aliran Penuh .....	27
<b>Tabel 2.5</b> Kemiringan Minimal dalam Aliran Penuh.....	27
<b>Tabel 2.6</b> Faktor Bentuk <i>Bar Screen</i> .....	33
<b>Tabel 2.7</b> Kriteria Perencanaan <i>Screen</i> .....	34
<b>Tabel 2.8</b> Baku Mutu Air Limbah Domestik Kota Surabaya .....	44
<b>Tabel 3.1</b> Jumlah Penduduk Kelurahan Keputih .....	51
<b>Tabel 3.2</b> Fasilitas Umum Kelurahan Keputih Tahun 2014.....	52
<b>Tabel 5.1</b> Jumlah Penduduk RW 1 .....	66
<b>Tabel 5.2</b> Laju Pertumbuhan Penduduk .....	67
<b>Tabel 5.3</b> Perhitungan Nilai Korelasi Metode Aritmatik .....	69
<b>Tabel 5.4</b> Perhitungan Nilai Korelasi Metode Geometri .....	70
<b>Tabel 5.5</b> Perhitungan Nilai Korelasi Metode <i>Least Square</i> .....	72
<b>Tabel 5.6</b> Rangkuman Nilai Korelasi .....	73
<b>Tabel 5.7</b> Hasil Proyeksi Penduduk RW 1 Tahun 2015-2024 .....	74
<b>Tabel 5.8</b> Hasil Proyeksi Penduduk Kelurahan Keputih Tahun 2015-2024.....	75
<b>Tabel 5.9</b> Sumber Air Bersih RW 1.....	77
<b>Tabel 5.10</b> Debit Pemakaian Air Bersih RW 1.....	78
<b>Tabel 5.11</b> Detail Pemakaian Air Bersih Melebihi 150 Liter .....	79
<b>Tabel 5.12</b> Pendapatan Rata-rata per Bulan RW 1 .....	80
<b>Tabel 5.13</b> Pemanfaatan Air Bersih RW 1 .....	83
<b>Tabel 5.14</b> Rangkuman Perhitungan Debit Air Limbah RW 1 .....	87
<b>Tabel 5.15</b> Rangkuman Perhitungan Debit Air Limbah Kelurahan Keputih .....	87
<b>Tabel 5.16</b> Jumlah Pengguna Fasilitas .....	90
<b>Tabel 5.17</b> Perkiraan Fasilitas Umum Kelurahan Keputih.....	91
<b>Tabel 5.18</b> Air Limbah Non Domestik.....	92
<b>Tabel 5.19</b> Debit Air Limbah Total Kelurahan Keputih .....	92
<b>Tabel 5.20</b> Perhitungan Diameter Pipa Air Limbah .....	99
<b>Tabel 5.21</b> Perhitungan Jari-jari Basah dan <i>Slope</i> Pipa.....	99
<b>Tabel 5.22</b> Perhitungan Kedalaman Pipa .....	105
<b>Tabel 5.23</b> Perhitungan Jumlah <i>Manhole</i> .....	106

<b>Tabel 6.1</b> Baku Mutu Air Limbah Domestik Surabaya.....	108
<b>Tabel 6.2</b> Perkiraan Biaya Investasi .....	109
<b>Tabel 6.3</b> Matriks Pemilihan Pengolahan .....	110
<b>Tabel 6.4</b> Kriteria Desain <i>Screen</i> Pembersihan Manual .....	112
<b>Tabel 6.5</b> Perhitungan Dimensi ABR.....	127

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Grafik <i>Peaking Factor for Domestic Wastewater Flows</i> .....	10
<b>Gambar 2.2</b>	Grafik <i>Average Infiltration Rate Allowance for New Sewer</i> .....	11
<b>Gambar 2.3</b>	Grafik <i>Peak Infiltration Allowances</i> .....	12
<b>Gambar 2.4</b>	<i>Manhole</i> .....	20
<b>Gambar 2.5</b>	Sketsa Sambungan Rumah .....	24
<b>Gambar 2.6</b>	Kurva Hidrolik Pipa Air Buangan .....	29
<b>Gambar 2.7</b>	Tangki Septik dengan Sistem Resapan .....	38
<b>Gambar 2.8</b>	<i>Anaerobic Baffled Reactor</i> .....	39
<b>Gambar 2.9</b>	<i>Biodigester Fied Dome</i> .....	40
<b>Gambar 2.10</b>	<i>Anaerobic Filter</i> .....	41
<b>Gambar 2.11</b>	Aplikasi Tangki Septik Bersusun dengan Filter dan Tanaman.....	42
<b>Gambar 2.12</b>	Aplikasi Tangki Septik Bersusun dengan Kolam Aerasi .....	43
<b>Gambar 3.1</b>	Struktur Unit Kerja IPAL .....	47
<b>Gambar 3.2</b>	Batas Kelurahan Keputih.....	50
<b>Gambar 3.3</b>	Kondisi Sanitasi Air Limbah Rumah Tangga.....	53
<b>Gambar 3.4</b>	Kondisi Sanitasi Air Limbah Perdagangan .....	53
<b>Gambar 3.5</b>	Jamban Umum Tidak Sehat .....	54
<b>Gambar 3.6</b>	Buangan MCK di Saluran Drainase Kelurahan Keputih.....	54
<b>Gambar 3.7</b>	Detail Lokasi Perencanaan Wilayah Pelayanan .....	55
<b>Gambar 3.8</b>	Detail Lokasi Perencanaan IPAL.....	56
<b>Gambar 4.1</b>	Diagram Kerangka Perencanaan .....	61
<b>Gambar 5.1</b>	Diagram Prosentase Sumber Air Bersih RW 1 .....	78
<b>Gambar 5.2</b>	Diagram Prosentase Pemakaian Air Bersih RW 1 ....	78
<b>Gambar 5.3</b>	Diagram Prosentase Detail Pemakaian Air Bersih >150 Liter .....	79
<b>Gambar 5.4</b>	Diagram Prosentase Pendapatan Rata-rata per Bulan .....	80
<b>Gambar 5.5</b>	Kebutuhan Air Domestik.....	81
<b>Gambar 5.6</b>	Diagram Prosentase Pemanfaatan Air Bersih RW 1 .....	83
<b>Gambar 6.1</b>	Bagan Alir Proses Pengolahan .....	112

**Gambar 6.2** Hubungan antara HRT Reaktor *Baffle* dengan Removal BOD ..... 113

**Gambar 6.3** Hubungan antara Removal BOD dengan Organik *Overloading* ..... 114

**Gambar 6.4** Hubungan antara Removal BOD dengan Konsentrasi Air Limbah..... 114

**Gambar 6.5** Grafik COD Removal pada *Settler* ..... 115

**Gambar 6.6** Kurva Ratio Efisiensi BOD Removal dari COD Removal..... 115

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Perencanaan**

Surabaya merupakan ibukota provinsi Jawa Timur yang memiliki aktivitas padat. Tidak hanya dalam sektor bisnis, jasa dan perdagangan, namun juga dalam bidang pendidikan. Banyaknya kampus perguruan tinggi ternama, baik negeri maupun swasta, menjadi pilihan untuk melanjutkan studi bagi sebagian orang. Padatnya aktivitas tersebut merupakan representasi dari banyaknya orang yang melakukan kegiatan di Surabaya. Semakin banyak orang yang tinggal di Surabaya maka akan semakin tinggi pula kepadatan penduduknya. Ditinjau dari aspek lingkungan, hal ini tentu saja tidak menguntungkan karena berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan pencemaran.

Salah satunya adalah sanitasi perkotaan yang telah menjadi pencemar badan air di Kota Surabaya. Kebiasaan masyarakat buang air besar sembarang, tidak memiliki tangki septik, dan membuang air bekas cucian ke got maupun badan air secara langsung, menjadi penyumbang pencemaran terbesar. Menurut Kepala Badan Lingkungan Hidup (BLH) Jawa Timur (2014), 50% pencemaran yang terjadi di Kali Surabaya berasal dari limbah rumah tangga. Sebagai kota yang memanfaatkan air sungai sebagai air baku untuk air minum, hal ini sangat merugikan karena setiap penambahan beban BOD sebesar 1 mg/l akan menyebabkan kenaikan biaya pengolahan sebesar Rp 9,17/m<sup>3</sup> (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013).

Tidak hanya itu, sanitasi perkotaan yang tidak dikelola dengan baik juga akan membawa dampak negatif bagi kesehatan. Menurut Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya (2014), buruknya sanitasi perkotaan dapat menyebabkan munculnya berbagai

macam penyakit seperti diare, muntaber dan penyakit kulit. Oleh sebab itu, perlu di rencanakan suatu sistem yang terintegrasi untuk mengatasi dan mencegah permasalahan yang ada. Sistem penyaluran dan pengolahan air limbah domestik secara *cluster* merupakan salah satu solusi yang ditawarkan. Dengan adanya sistem ini, diharapkan pencemaran lingkungan dapat dicegah dan taraf kesehatan masyarakat dapat ditingkatkan.

Pada studi kasus ini, dipilih Kelurahan Keputih sebagai lokasi perencanaan karena Kelurahan Keputih merupakan salah satu Kelurahan yang didalamnya terjadi berbagai aktivitas yang kompleks seperti Kota Surabaya. Selain itu, masih terdapatnya 55 KK yang tidak memiliki jamban dan 27 KK yang memanfaatkan wc umum tidak bertangki septik dari 4226 KK yang tinggal di Kelurahan Keputih (Puskesmas Keputih, 2014). Tidak hanya itu, ditemukannya penyakit kulit akibat infeksi pada warga sebesar 3.040 orang dan diare sebesar 1.531 orang pada tahun 2012 di Kelurahan Keputih. Dengan adanya hal tersebut, diharapkan Kelurahan Keputih dapat merepresentasikan daerah-daerah yang menjadi pencemar badan air Surabaya dan daerah yang terkena dampak dari air limbah domestik yang tidak diolah.

## **1.2 Rumusan Masalah Perencanaan**

Adapun rumusan masalah dari perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana kualitas dan kuantitas air limbah domestik eksisting di Kelurahan Keputih Surabaya?
2. Bagaimana rencana sistem penyaluran air limbah domestik di Kelurahan Keputih Surabaya?
3. Bagaimana pengolahan yang tepat untuk air limbah domestik di Kelurahan Keputih Surabaya?
4. Berapa biaya yang diperlukan untuk membangun fasilitas penyaluran dan pengolahan air limbah?

### 1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari perencanaan ini adalah:

1. Menganalisis kualitas dan kuantitas air limbah domestik eksisting di Kelurahan Keputih.
2. Merencanakan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) domestik di Kelurahan Keputih Surabaya.
3. Merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik di Kelurahan Keputih Surabaya.
4. Mendapatkan nilai *Bill Of Quantity (BOQ)* dan Rekapitulasi Anggaran Biaya (RAB).

### 1.4 Ruang Lingkup Perencanaan

Batasan dalam lingkup perencanaan ini adalah:

1. Perencanaan dilakukan di Kelurahan Keputih Surabaya.
2. Waktu perencanaan dimulai dari bulan Oktober hingga Desember 2014.
3. Aspek yang dikaji adalah aspek teknis dan finansial.
4. Jenis data yang digunakan adalah data primer dan sekunder.
5. Perencanaan air limbah meliputi *black water* dan *grey water*.
6. Sistem penyaluran air limbah menggunakan sistem terpisah yakni antara air limbah dan air hujan tidak dialirkan dalam satu pipa yang sama.
7. Perencanaan saluran perpipaan hingga *house inlet*.
8. Luas lahan untuk pembangunan IPAL seluas 2 Ha.
9. Detail perencanaan adalah RW 1.

### 1.5 Manfaat Perencanaan

Manfaat dari perencanaan ini adalah terbentuknya rencana penyaluran dan pengolahan air limbah sesuai karakteristik air limbah di Kelurahan Keputih Surabaya.



**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Limbah**

##### **2.1.1 Pengertian Air Limbah**

Menurut Undang-undang No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pengertian air limbah adalah “Sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair”. Sedangkan menurut Metcalf & Eddy (2003), air limbah didefinisikan sebagai “Kombinasi cairan atau air limbah yang membawa sampah dari perumahan, perkantoran, dan perdagangan dan perindustrian bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan yang mungkin ada”.

##### **2.1.2 Sumber Air Limbah**

Terbentuknya aliran air limbah bergantung pada cakupan pelayanan dan sistem pengumpulan yang digunakan. Air limbah berasal dari beberapa sumber diantaranya:

1. Rumah tangga (*Domestic Wastewater*)  
Air limbah yang berasal dari perumahan, perdagangan, perkantoran dan fasilitas yang sejenis.
2. Perindustrian (*Industrial Wastewater*)  
Air Limbah yang didominasi dari limbah industri.
3. Infiltrasi atau resapan air hujan (*Infiltration/ Inflow*)  
Infiltrasi berasal dari air yang masuk melalui sistem pengumpulan baik secara langsung maupun tidak langsung. Air yang masuk melalui kebocoran sambungan, retak dan pecah, atau akibat dinding yang berpori. Sedangkan inflow berasal dari saluran air hujan (*catch basin*) yang terhubung dengan sistem pengumpulan air limbah, dari atap,

pondasi dan lantai dasar saluran, atau melalui tutup *manhole*.

4. Air hujan (*Stromwater*)

Limpasan air hujan berasal dari air hujan yang turun dan es yang meleleh (Metcalf & Eddy, 2003).

### 2.1.3 Karakteristik Air Limbah

Menurut Metcalf & Eddy (2003), karakteristik air limbah dibagi menjadi tiga yaitu fisik, kimia dan biologis. Karakter fisik yang paling penting adalah kandungan total solids yang terdiri dari material yang mengapung, mengendap, koloid, dan terlarut. Bagian lain yang termasuk dalam karakteristik fisik antara lain:

1. Total Solid

Merupakan zat-zat yang tertinggal sebagai residu dari penguapan pada temperatur  $103^{\circ}\text{C}$  hingga  $105^{\circ}\text{C}$ .

2. Temperatur

Pada umumnya temperatur air limbah lebih tinggi daripada air bersih karena adanya penambahan air dengan temperaturnya lebih hangat yang berasal dari aktivitas rumah tangga dan industri. Temperatur memberikan efek yang penting diantaranya:

- a. Reaksi kimia dan laju reaksi
- b. Kehidupan di dalam air
- c. Pemanfaatan air sesuai fungsinya

3. Warna

Air limbah yang masih segar biasanya berwarna abu-abu kecoklatan. Namun, semakin lama waktu tinggalnya didalam sistem pengumpulan dan kondisi anaerobik yang semakin meningkat, warna dari air limbah akan berubah dari abu-abu menjadi abu-abu gelap dan akhirnya menjadi hitam. Warna air limbah yang hitam disebut dengan septik.

4. Bau

Bau yang timbul dari limbah domestik disebabkan adanya gas yang terbentuk dari proses penguraian bahan organik. Bau khas dari air limbah adalah  $H_2S$  yang diproduksi oleh mikroorganisme anaerobik dengan mengubah sulfat menjadi sulfida.

Ditinjau dari segi kimia, terdapat tiga jenis karakteristik air limbah. Diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Senyawa Organik

Senyawa organik pada air limbah tersusun atas beberapa komponen, diantaranya:

- a. Protein : 40% - 60%
- b. Karbohidrat : 25% - 50%
- c. Minyak dan lemak : 8% - 12%

Selain senyawa tersebut, biasanya juga ditemukan beberapa jenis material sintetik organik dengan struktur yang sederhana hingga kompleks.

2. Senyawa Anorganik

Terdapat pH, klorida, alkalinitas, fosfor, logam berat dan senyawa beracun.

3. Gas

Pada umumnya gas yang terdapat pada air limbah adalah nitrogen ( $N_2$ ), oksigen ( $O_2$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ), asam sulfat ( $H_2S$ ), ammonia ( $NH_3$ ), dan metana ( $CH_4$ ). Ketiga gas pertama adalah gas yang dapat ditemukan pada atmosfer and semua air yang kontak dengan udara sedangkan tiga gas selanjutnya terbentuk dari hasil penguraian material organik.

Ditinjau dari segi biologis, karakteristik air limbah terbagi menjadi tiga kelompok yaitu sebagai berikut:

1. Kelompok tumbuh-tumbuhan
2. Kelompok hewan
3. Kelompok virus

## 2.2 Debit Air Limbah

### 2.2.1 Debit Air Limbah Rata-rata

Diperkirakan besarnya air bersih yang akan menjadi air limbah adalah 70% hingga 80% dari total kebutuhan air bersih. Sebelum dilakukan perhitungan debit air limbah, perlu diketahui terlebih dahulu pemakaian total penggunaan rata-rata air bersih daerah pelayanan. Persamaan untuk menghitung total penggunaan rata-rata air bersih dapat dilihat pada persamaan (1).

$$Q_{\text{ave air bersih}} = \text{Kebutuhan air bersih per orang} \times \text{Jumlah orang} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

$$Q_{\text{ave air bersih}} = \text{Debit air bersih (lt/hari)}$$

Selanjutnya dapat dihitung debit air limbah rata-rata daerah pelayanan dengan persamaan (2).

$$Q_{\text{ave limbah}} = (70-80\%) \times Q_{\text{ave air bersih}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

$$Q_{\text{ave air limbah}} = \text{Debit air limbah pelayanan (lt/hari)}$$

### 2.2.2 Debit Air Limbah Minimum dan Puncak

Debit air limbah minimum dan puncak sangat tergantung dari pola konsumsi air bersih masyarakat setempat. Penggunaan air mencapai titik puncak ketika manusia akan melakukan aktivitas sehari-harinya, seperti bekerja, sekolah, dan beribadah. Sedangkan, debit air minimum akan terjadi saat manusia sedang beristirahat dan tidak melakukan aktivitas yang melibatkan penggunaan air, seperti tidur malam. Perhitungan debit minimum air limbah dan debit puncak dapat dilihat pada persamaan (3) dan (4).

$$Q_{\text{min}} = 1/5 \times (P/1000)^{0,2} \times Q_{\text{ave}} \dots\dots(3)$$

Dimana:

$Q_{min}$  = Debit minimum air limbah ( $m^3/detik$ )

$P$  = Jumlah penduduk

$Q_{ave}$  = Debit rata-rata air limbah ( $m^3/detik$ )

$Q_{peak} = Q_{ave} \times f_{peak} \dots\dots\dots(4)$

Dimana:

$Q_{peak}$  = Debit puncak air limbah ( $m^3/detik$ )

$Q_{ave}$  = Debit rata-rata air limbah ( $m^3/detik$ )

$f_{peak}$  = Faktor puncak, didapatkan dari Gambar 2.1

### 2.2.3 Debit Infiltrasi

Debit infiltrasi berasal dari infiltrasi air tanah dan air hujan yang dapat dihitung dengan persamaan untuk (5) dan (6).

$$Q_{ave\ inf} = \frac{\text{Luas Area (Ha)} \times f_{inf} \left( \frac{m^3}{ha.hari} \right)}{86400} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

$Q_{ave\ inf}$  = Debit rata-rata infiltrasi ( $m^3/detik$ )

$f_{inf}$  = Faktor infiltrasi ( $m^3/ha.hari$ ),  
didapatkan dari Gambar 2.2

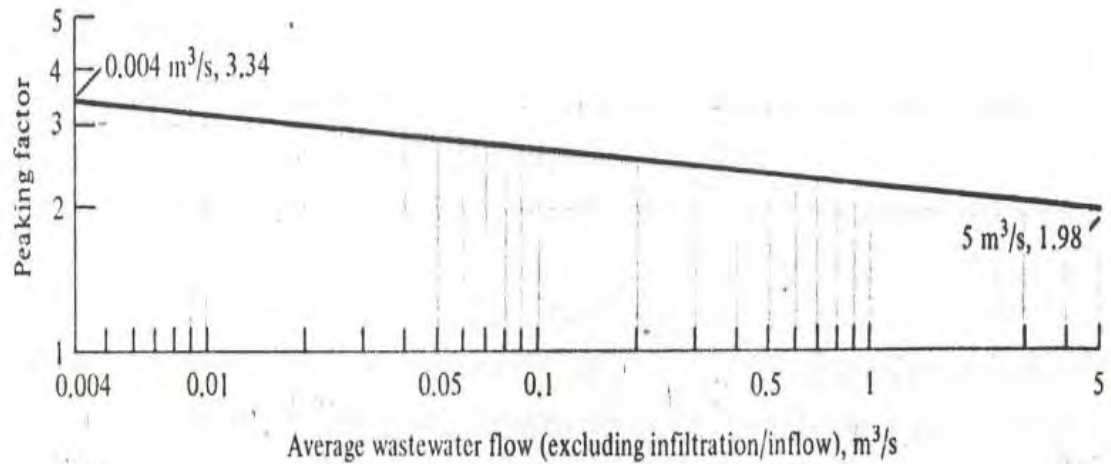
Dari perhitungan debit infiltrasi rata-rata, didapatkan debit puncak infiltrasi dengan persamaan (6).

$Q_{peak\ inf} = Q_{ave\ inf} \times f_{peak\ inf} \dots\dots\dots(6)$

Dimana:

$Q_{ave\ inf}$  = Debit rata-rata infiltrasi ( $m^3/detik$ )

$f_{peak\ inf}$  = Faktor peak infiltrasi ( $m^3/ha.hari$ ),  
didapatkan dari Gambar 2.3.



Gambar 2. 1Grafik *Peaking Factor for Domestic Wastewater Flows*

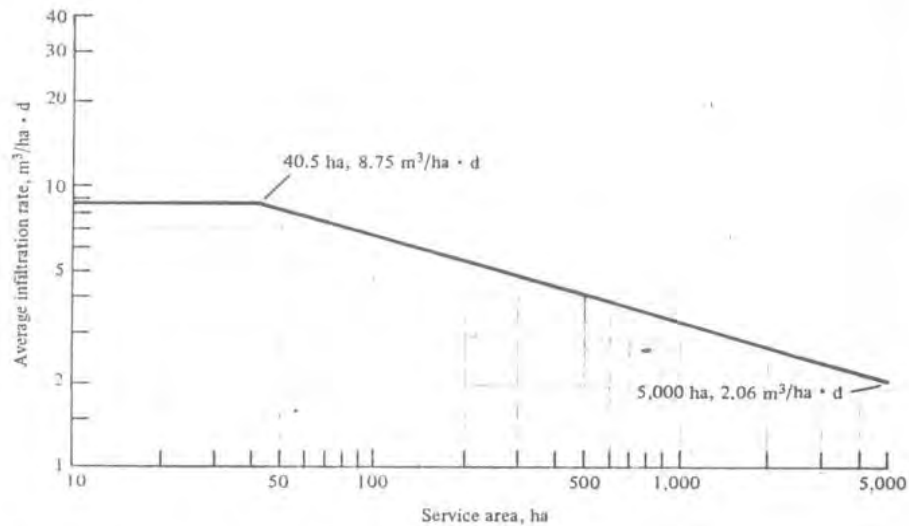


Figure 3-1 Average infiltration rate allowance for new sewers. Note:  $\text{ha} \times 2.4711 = \text{acre}$ ;  $\text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{d} \times 106.9 = \text{gal}/\text{acre} \cdot \text{d}$ .

Gambar 2. 2Grafik Average Infiltration Rate Allowance for New Sewer



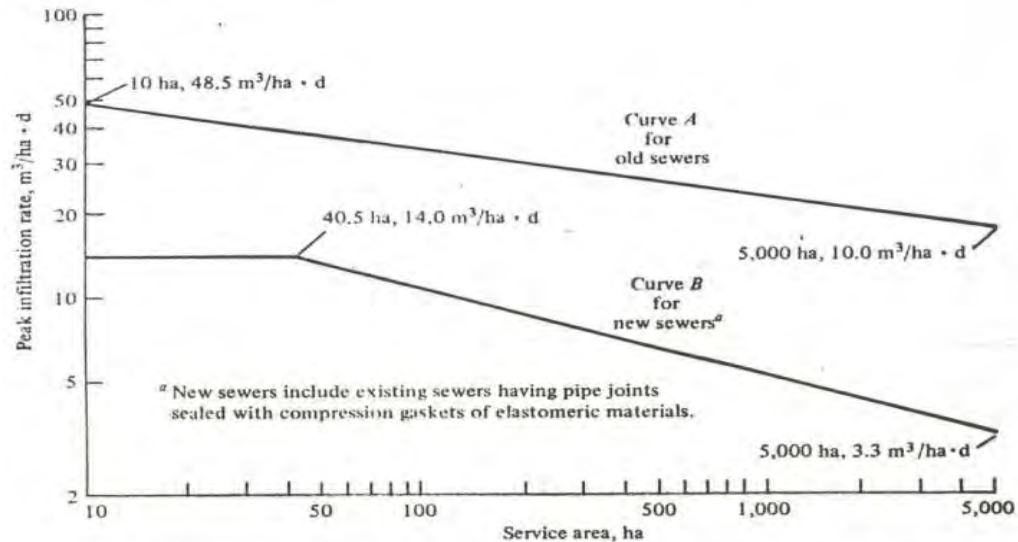


Figure 3-5 Peak infiltration allowances. Note:  $\text{ha} \times 2.4711 = \text{acre}$ ;  $\text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{d} \times 106.9 = \text{gal}/\text{acre} \cdot \text{d}$ .

Gambar 2. 3 Grafik *Peak Infiltration Allowances*

## 2.3 Sistem Penyaluran Air Limbah

### 2.3.1 Sistem Penanganan Air Limbah

Sanitasi tepat guna dalam bidang pembuangan air limbah domestik terdiri dari 2 (dua) sistem, yaitu:

1. Sistem pembuangan setempat (*on-site system*)
  2. Sistem pembuangan terpusat (*off-site system*)
- **Sistem Pembuangan Setempat (*on-site system*)**

Sistem pembuangan setempat adalah fasilitas sanitasi yang berada didalam daerah persil (batasan tanah yang dimiliki). Sarana sistem pembuangan setempat dapat dibagi 2(dua), yaitu:

- Sistem Individual : Tangki septik dan cubluk
- Sistem Komunal : MCK

Keuntungan dari penggunaan sistem ini adalah:

- Biaya pembuatan murah.
- Teknologi dan pembangunannya sederhana.
- Sistem yang terpisah bagi tiap-tiap rumah dapat menjaga privasi yang aman dan bebas.
- Operasi dan pemeliharanya mudah dan umumnya tanggungjawab pribadi masing-masing, kecuali yang tidak terpisah atau dalam kelompok.

Kerugian dari penggunaan sistem ini adalah:

- Tidak cocok bagi daerah dengan kepadatan penduduk sangat tinggi sehingga lahan yang tersedia sangat sempit dan muka air tanah tinggi, kecuali jika ada resapan tanah yang rendah.

- Sukar mengontrol operasi dan pemeliharanya (terutama untuk sistem tangki septik).
- Kesalahan pengertian bahwa limbah air cucian (air cucian dapur, kamar mandi, kamar cuci, wastafel) tidak boleh masuk ke cubluk atau tangki septik dan langsung dibuang ke saluran drainase, sehingga terus mengakibatkan adanya air becek tiap hari, mencemari pemandangan, terutama badan-badan air dan bau busuk yang mungkin terjadi.
- Mencemari air tanah (sumur dangkal) bila pemeliharanya tidak dilakukan dengan baik.
- **Sistem Pembuangan Terpusat (*off-site system*)**

Sistem pembuangan terpusat adalah fasilitas sanitasi yang berada di luar persil. Contoh sistem sanitasi ini adalah sistem penyaluran air limbah yang kemudian dibuang ke suatu tempat pembuangan (*disposal site*) yang aman dan sehat, dengan atau tanpa pengolahan sesuai dengan kriteria baku mutu dan besarnya limbah.

Keuntungan dari penggunaan sistem ini adalah:

- Memberikan pelayanan yang lebih nyaman.
- Menampung semua air limbah domestik, sehingga pencemaran air (hujan) di saluran drainase (pematasan untuk air hujan), badan-badan air permukaan dan air tanah dapat dihindarkan.
- Cocok untuk daerah perkotaan dengan kepadatan tinggi sampai menengah.
- Masa terpakainya lama.

Kerugian dari penggunaan sistem ini adalah:

- Biaya pembangunan tinggi.
- Memerlukan tenaga-tenaga terampil dan atau terdidik untuk menangani operasi dan pemeliharaan.
- Keuntungan hanya bisa dicapai sepenuhnya setelah selesai seluruhnya dan digunakan oleh seluruh penduduk di daerah tersebut.
- Sistem yang besar memerlukan perencanaan dan pelaksanaan jangka panjang

### **2.3.2 Sistem Pembuangan Air Limbah**

Pada saat menyalurkan air limbah, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaannya agar aliran air limbah dapat melaju dengan lancar. Berikut ini prinsip-prinsip penyaluran air limbah:

1. Disalurkan kedalam saluran tertutup dan harus rapat air.
2. Jalur salurannya disesuaikan sedemikian rupa sehingga sedapat mungkin melaluidaerah pelayanan (*service area*) sebanyak- banyaknya, sehingga jalur seluruhnya sambung-menyambung dari mulai saluran awal (*lateral*), menuju saluran cabang- cabangnya, yang kemudian menuju saluran- saluran induk. dari saluran induk tersebut, air limbah dibuang ke pembuangan akhir yang aman dengan atau diolah dalam bangunan pengolahan air limbah tertentu dengan tingkat pengolahan sesuai dengan karakteristik air limbahnya dan tempat pembuangan akhir sehingga badan air setelah bercampur dengan air limbah memenuhi persyaratan-persyaratan kualitas tertentu.

3. Aliran air limbah harus mampu membawa kotoran-kotorannya (*self cleansing velocity*) dan tidak boleh merusak saluran.
4. Kedalaman aliran air limbah harus mampu dipakai berenangnyanya benda-benda yang ada di dalamnya dan juga tidak boleh penuh, kecuali pengaliran yang memerlukan pemompaan.
5. Sedapat mungkin aliran air limbah dapat terus-menerus membawa benda-benda yang terhenti atau mengendap di dalam jalur salurannya. Bila terjadi pembusukan di dalam saluran akan timbul gas yang berbahaya dan beracun.

### 2.3.3 Sistem Pengumpulan Air Limbah

Berdasarkan sistem pengumpulannya, sistem pembuangan air limbah di bagi menjadi tiga (3), yaitu:

1. Sistem Terpisah

Merupakan suatu sistem dimana aliran air hujan disalurkan melalui saluran yang terpisah dengan aliran air limbah. Saluran air hujan dapat berupa saluran terbuka yang dirancang sependek mungkin. Sedangkan air limbah berupa saluran tertutup dan dirancang agar dapat melayani sebanyak mungkin daerah pelayanan. Sistem ini baik digunakan untuk daerah dengan tingkat curah hujan yang tinggi.

Keuntungan sistem ini adalah :

- Unit pengolahan air limbah relatif kecil.
- Dimensi saluran tidak begitu besar.

Kerugian sistem ini adalah :

- Harus dibuat dua saluran yang berbeda, yaitu untuk air limbah dan air hujan.

2. Sistem Tercampur

Merupakan suatu sistem di mana air limbah dan air hujan disalurkan dalam satu saluran yang sama

dan harus merupakan saluran tertutup. Sistem ini dapat diterapkan pada daerah yang memiliki frekuensi curah hujan rendah.

Keuntungan sistem ini adalah:

- Hanya memerlukan satu saluran penyaluran air limbah.
- Terjadi pengenceran konsentrasi air limbah oleh air hujan yang akan mempermudah proses pengolahan pada IPAL.

Kerugian sistem ini adalah:

- Memerlukan unit pengolahan air limbah yang relatif besar, karena terjadi penggabungan antara air limbah dengan air hujan.
- Dimensi pipa yang diperlukan untuk penyaluran air limbah akan relatif besar.

### 3. Sistem Interseptor

Merupakan suatu sistem di mana penggabungan antara air limbah dengan air hujan hanya dilakukan pada saat musim kemarau saja, sedangkan pada saat musim hujan penyaluran melalui saluran intercep.

Keuntungan sistem ini adalah:

- Beban instalasi pengolahan tidak terlalu besar.
- Air hujan difungsikan sebagai air penggelontor bagi air limbah pada saat awal musim hujan.

Kerugian sistem ini adalah:

- Memerlukan konstruksi yang lebih rumit.

### 2.3.4 Bangunan Pelengkap

Adanya bangunan pelelengkap dapat memudahkan penyaluran airlimbah dalam pipa dan memudahkan perawatan saluran. Beberapa bangunan pelengkap yang dipergunakan dalam sistem perpipaan air limbah diantaranya adalah:

#### 1. *Manhole*

Merupakan lubang yang digunakan untuk memeriksa, memelihara dan memperbaiki aliran air yang tersumbat. Lokasi penempatan *manhole* antara lain:

- Pada jalur saluran yang lurus, dengan jarak tertentu tergantung diameter saluran (Tabel 2.1) namun perlu disesuaikan juga terhadap panjang peralatan pembersihan yang akan dipakai.
- Pada setiap perubahan kemiringan saluran, perubahan diameter, dan perubahan arah aliran, baik vertikal maupun horizontal.
- Pada lokasi sambungan, persilangan atau percabangan (*intersection*) dengan pipa atau bangunan lain.

Tabel 2. 1 Jarak antar *Manhole* pada Jalur Lurus

Diameter(mm)	Jarakantar <i>Manhole</i> (m)
20-50	50-75
50-75	75-125
100-150	125-150
150-200	150-200
1000	100-150

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

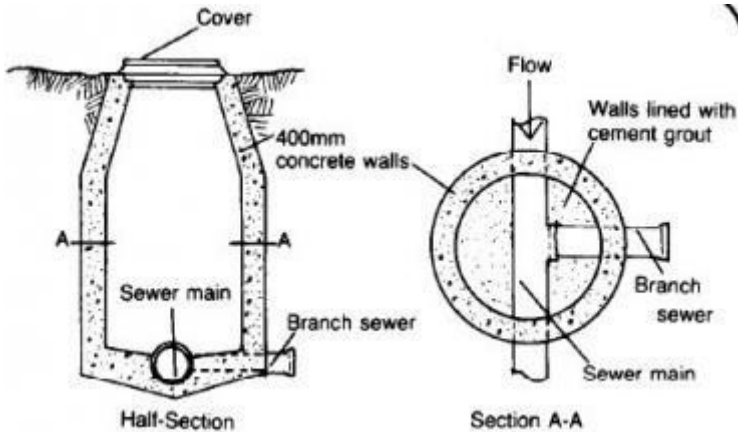
Pada umumnya *manhole* berbentuk empat persegi panjang, kubus ataupun bulat. *Manhole* didesain agar orang bisa masuk kedalamnya. Hal ini bertujuan untuk memudahkan perawatan saluran. Dalam materi bidang air Limbah I Dinas Pekerjaan Umum (2013), *manhole* dikasifikasikan menjadi 3, yaitu:

1. *Manhole* dangkal : Kedalaman 0,75 - 0,9 meter dengan cover kedap
2. *Manhole* normal : Kedalaman 1,5 meter dengan cover berat
3. *Manhole* dalam : Kedalaman diatas 1,5 meter dengan cover berat

Sedangkan untuk dimensi *manhole* disesuaikan dengan kedalaman *manhole* itu sendiri. Adapun ketentuan dimensi *manhole* adalah sebagai berikut:

- Dimensi horizontal harus cukup untuk melakukan pemeriksaan dan pembersihan dengan masuk ke dalam saluran. Dimensi vertikal bergantung pada kedalamannya.
- Lubang masuk (*access shaft*), minimal 50 cm x 50 cm atau berdiameter 60 cm.
- Dimensi minimal disebelah bawah lubang masuk dengan kriteria sebagai berikut:
  - a. Untuk kedalaman *manhole* sampai 0,8 meter, dimensi yang digunakan adalah 75 cm x 75 cm.
  - b. Untuk kedalaman *manhole* 0,8-2,1 meter, dimensi yang digunakan adalah 120 cm x 90 cm atau diameter 120 cm.
  - c. Untuk kedalaman *manhole* 2,1 meter, dimensi yang digunakan adalah 120 cm x 90 cm atau diameter 140 cm.





Gambar 2. 4 Manhole

(Sumber: USAID, 1982)

## 2. Bangunan Penggelontor

Terletak di setiap garis pipa dimana kecepatan pembersihan (*self cleansing*) tidak tercapai akibat kemiringan tanah/ pipa yang terlalu landai atau kurangnya kapasitas aliran.

## 3. Syphon

Sebagai bangunan perlintasan seperti pada sungai/ kali, jalan kereta api, atau *depressed highway*. Adapun komponen struktur syphon adalah sebagai berikut:

### a. Inlet dan Outlet

Sebagai pengendali debit dan fasilitas pembersihan

### b. Depressed sewer

- Berfungsi sebagai perangkap sehingga kecepatan pengaliran harus cukup tinggi, diatas 1 m/detik pada saat debit rata-rata.
- Terdiri dari minimal 3 unit (ruas) pipa *syphon* dengan dimensi yang berbeda, minimal 150 mm. pipa ke 1 didesain dengan  $Q_{min}$ , pipa ke 2

didesain dengan (Qr-Qmin) dan pipa ke 3 didesain dengan (Qp-Qr).

4. Terminal *Clean Out*

Berfungsi sebagai pengganti *manhole* yang letaknya berada pada ujung saluran terutama pipa lateral yang pendek dengan jarak dari *manhole* <50 m.

5. Stasiun Pompa

Beberapa fungsi dari stasiun pompa adalah:

1. Sebagai stasiun angkat (*lift station*), dipasang pada setiap jarak tertentu pada jaringan perpipaan yang sudah cukup dalam.
2. Sebagai *booster station*, untuk menyalurkan air limbah yang tidak memerlukan pengaliran secara gravitasi.

6. Sambungan Rumah

Untuk mengalirkan air limbah yang berasal dari sumbernya ke pipa induk, diperlukan beberapa sambungan pipa, diantaranya adalah:

1. Pipa dari kloset (*black water*)
  - a. Diameter pipa minimal 75 mm.
  - b. Bahan dari PVC atau asbes semen.
  - c. Kemiringan pipa 1-3%.
2. Pipa untuk pengaliran air limbah non tinja (*grey water*)
  - a. Diameter pipa minimal 50 mm.
  - b. Bahan dari PVC atau asbes semen.
  - c. Kemiringan 0,5-1%.
  - d. Khusus air limbah dari dapur harus dilengkapi dengan unit perangkat lemak (*grease trap*).
3. Pipa persil ke HI
  - a. Dimensi dibuat sama atau lebih besar daripada dimensi pipa plambing utama. Biasanya sebesar 100-150 mm yang menuju ke *Inspection Chamber*.
  - b. Kemiringan dipasang selurus mungkin, dengan kemiringan minimal 2%.

4. Perangkat Pasir/ Lemak
  - a. Untuk mencegah penyumbatan akibat masuknya lemak dan pasir ke dalam pipa persil dan lateral dalam jumlah besar.
  - b. Disarankan dipasang pada dapur, tempat cuci, atau pada daerah dengan pemakaian air rendah.
  - c. Lokasinya sedekat mungkin dengan sumbernya.
5. *Private Boxes* (bak kontrol pekarangan)
  - a. Luas permukaan minimal 40 cm x 40 cm (bagian dalam) dan diberi tutup plat beton yang mudah di buka.
  - b. Kedalaman bak minimal 30 cm, disesuaikan dengan kebutuhan kemiringan pipa-pipa yang masuk/ keluar bak.
  - c. Dinding bagian atas dipasang 10 cm lebih tinggi daripada muka tanah agar dapat dicegah masuknya limpasan air hujan.
  - d. Bahan dinding dan dasar dari batu bata kedap atau beton. Tutup dari beton bertulang atau plat baja yang bisa dibuka tutup.
6. *House Inlet* (Bak kontrol terakhir sambungan rumah)
  - a. Luas permukaan minimal 50 cm x 50 cm (bagian dalam) dan diberi tutup plat beton yang mudah dibuka-tutup.
  - b. Kedalaman bak 40-60 cm, disesuaikan dengan kebutuhan kemiringan pipa persil yang masuk.
  - c. Dinding bagian atas dipasang 10 cm lebih tinggi daripada muka tanah agar dapat dicegah masuknya limpasan air hujan.
  - d. Bahan dinding dan dasar dari batu bata kedap atau beton. tutup dari beton bertulang atau plat baja yang bisa dibuka tutup.
7. Lubang Inspeksi/ Inspection Chamber (IC)
  - a. Jarak antar dua IC dan HI  $\leq 40$  m.

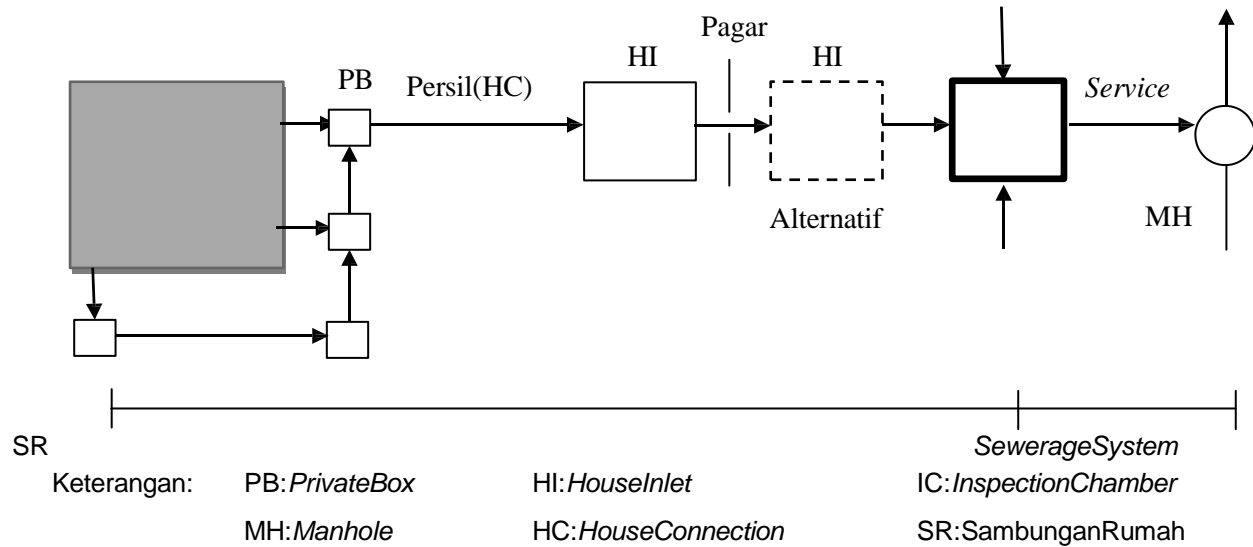
- b. Ada 3 tipe IC untuk kedalaman hingga 2 m. Apabila kedalaman  $\geq 2,5$  m, gunakan *manhole* yang dipakai pada sistem konvensional.
- c. Dimensinya tergantung pada tipe dan bentuk penampang IC, serta kedalaman pipa (Tabel 2.2). Bentuk empat persegi panjang dipilih bila akan dilakukan pembersihan pipa dengan bambu atau besi beton.

Tabel 2. 2 Dimensi Lubang Inspeksi

Tipe IC	Kedalaman Pipa(m)	Dimensi IC(m <sup>2</sup> )	
		Bujur sangkar	Persegi panjang
IC-1	$\leq 0,75$	0,4x0,4	0,4x0,6
IC-2	0,75–1,35	0,7x0,7	0,6 x0,8
IC-3	1,35–2,5	-	0,8x1,2

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

- d. Bila kedalaman IC  $\geq 1$  m, maka bagian dalam dilengkapi tangga dari *mild steel* ukuran 20 mm yang di tancapkan ke dinding sedalam 20 cm dengan panjang 75 cm. Bagian tangga teratas berada 45 cm dari bawah tutup, dan yang terbawah 30 cm diatas *benching*.
- e. Bahan lantai IC terdiri dari beton tanpa tulangan dan pasangan batu untuk dinding. Tutupnya terbuat dari beton atau plat baja yang dapat dibuka tutup.
- f. Level tutup IC 10 cm diatas level muka tanah agar dapat mencegah masuknya limpasan air hujan.



Gambar 2. 5 Sketsa Sambungan Rumah

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum,2013)

## **2.4 Perencanaan Sistem Perpipaan**

### **2.4.1 Pengaliran Air Limbah Melalui Perpipaan**

Secara prinsip pengaliran air limbah adalah dengan cara gravitasi tanpa tekanan sehingga membentuk pola aliran yang serupa dengansaluran terbuka. Dengan demikian, akan terdapat ruang kosong di dalam saluran. Berikut ini perbandingan luas penampang basah ( $a$ ) dengan luas penampang pipa ( $A$ ) pada pipa.

- Untuk pipa dengan diameter  $< 150$  mm;  $a/A=0,5$  dan,
- Diameter  $>150$  mm;  $a/A = 0,7$

### **2.4.2 Jaringan Pipa Air Limbah**

Jaringan pipa air limbah terdiri dari:

- Pipa retikulasi adalah saluran pengumpul air limbah untuk disalurkan ke pipa utama.
- Pipa servis adalah saluran pengumpul air limbah dari beberapa bangunan (blok bangunan) ke pipa lateral.
- Pipa lateral adalah saluran pengumpul air limbah dari pipa servis ke pipa induk/ utama.
- Pipa utama adalah pipa penerima aliran dari pipa kolektor/ lateral untuk disalurkan ke IPAL atau *trunk sewer*.

### **2.4.3 Fluktuasi Pengaliran (*Flow Rate*)**

Pemakaian air rata-rata setiap orang adalah 100-200 L/org.hari dan yang menjadi air limbah adalah 80% dari konsumsi air tersebut atau kira- kira 80-160 L/org.hari. Besarnya fluktuasi tergantung pada populasi yang ada dalam suatu kawasan. Berikut nilai besarnya fluktuasi pengaliran:

- Untuk pelayanan  $<10.000$  jiwa
- $Q_{max}/ Q_{rata-rata} = 4$  s/d  $3,5$  dan  $Q_{min}/ Q_{rata-rata} = 0,2$  s/d  $0,35$
- Untuk pelayanan  $>10.000$  jiwa s/d  $100.000$   $Q_{max}/ Q_{rata-rata} = 3,5$  s/d  $2$  dan  $Q_{min}/ Q_{rata-rata} = 0,35$  s/d  $0,55$
- Untuk pelayanan  $>100.000$  jiwa

$$Q_{\max}/Q_{\text{rata-rata}} = 2 \text{ s/d } 1,5 \text{ dan } Q_{\min}/Q_{\text{rata-rata}} = 0,55 \text{ s/d } 0,6$$

#### 2.4.4 Kecepatan dan Kemiringan Pipa

Kecepatan dan kemiringan pipa merupakan dua unsur yang saling mendukung agar di dalam pipa terjadi *self cleansing* sehingga tidak terdapat endapan pada dasar pipa. Kecepatan aliran maksimum dalam pipa pada umumnya adalah 2-3 m/detik, tergantung dari jenis pipa yang digunakan. Sedangkan kecepatan minimumnya harus lebih besar dari 0,6 m/detik. Koefisien kekasaran pipa dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Koefisien Kekasaran Pipa

No	Jenis Saluran	Koefisien Kekasaran Manning(n)
1	Pipa Besi Tanpa Lapisan	0,012-0,015
1.1	Dengan Lapisan Semen	0,012-0,013
1.2	Pipa Berlapis Gelas	0,011-0,017
2	Pipa Asbestos Semen	0,010-0,015
3	Saluran Pasangan Batu Bata	0,012-0,017
4	Pipa Beton	0,012-0,016
5	Pipa Baja Spiral dan Pipa Kelingan	0,013-0,017
6	Pipa Plastik Halus(PVC)	0,002-0,012
7	Pipa Tanah Liat( <i>Vitrified clay</i> )	0,011-0,015

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

1. Kecepatan pengaliran pipa minimal saat aliran penuh (*full flow*) atas dasar *tractive force* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Kecepatan Minimal Air dalam Aliran Penuh

Diameter, D( mm)	Kecepatan <i>SelfCleansing</i>	
	n= 0,013	n= 0,015
200	0,47	0,41
250	0,49	0,42
300	0,50	0,44
375	0,52	0,45
450	0,54	0,47

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

2. Kemiringan pipa minimal praktis untuk berbagai diameter atas dasar kecepatan 0,6 m/detik saat pengaliran penuh dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Kemiringan Pipa Minimal dalam Aliran Penuh

Diameter, D(mm)	Kemiringan Minimal (m/m)	
	n= 0,013	n= 0,015
200	0,0033	0,0044
250	0,0025	0,0033
300	0,0019	0,0026
375	0,0014	0,0019
450	0,0011	0,0015

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013

Atau dengan formula praktis:

$$S_{min} = 2/3D \text{ atau } 0,01Q^{0,667} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana nilai  $S_{min}$  (m/m), D (mm) dan Q (L/detik)

3. Kemiringan muka tanah yang lebih curam daripada kemiringan pipa minimal bisa dipakai sebagai kemiringan desain selama kecepatannya masih dibawah kecepatan maksimal.



## 2.4.5 Diameter Pipa

Diameter pipa saluran air limbah didapatkan melalui beberapa sebagai berikut:

1. Menentukan nilai  $d/D$ . Nilai  $d/D$  digunakan untuk mendapatkan nilai  $Q_p / Q_{full}$ . Nilai  $d/D$  ini bisa didapatkan melalui Gambar 2.6.
2. Menghitung Besarnya  $Q_{full}$  dengan persamaan (8).

$$Q_{full} = \frac{Q_p}{Q_p / Q_f} \dots\dots\dots(8)$$

3. Menghitung slope medan dengan persamaan (9).

$$S = \frac{\Delta H}{L} \dots\dots\dots(9)$$

4. Menghitung diameter yang akan digunakan untuk saluran dengan persamaan (10).

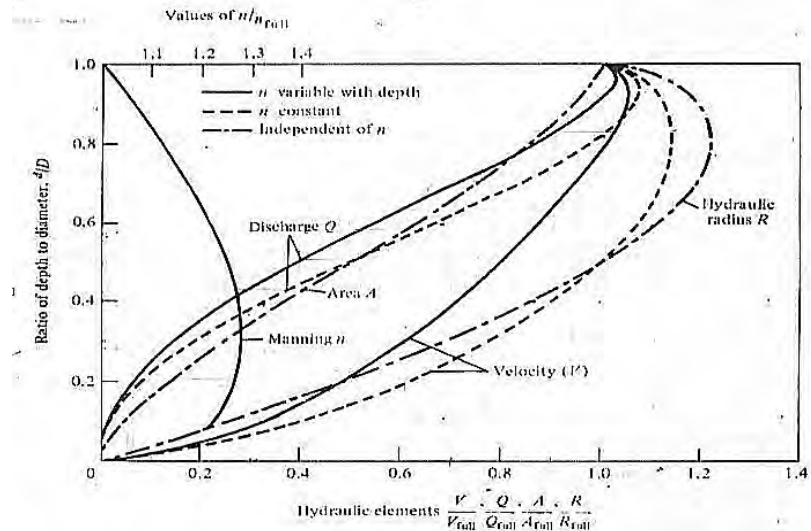
$$Q = \frac{0,3117}{n} \cdot [D]^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(10)$$

5. Menghitung kecepatan full ( $V_f$ ) dengan persamaan (11).

$$V_{full} = \frac{Q_{full}}{1/4\pi D^2} \dots\dots\dots(11)$$

6. Menghitung perbandingan nilai ( $Q_{min}/Q_f$ ) untuk mendapatkan nilai  $V_{min}/V_f$  dengan menggunakan Gambar 2.6
7. Mendapatkan nilai kecepatan minimum dari persamaan (12).

$$V_{min} = \frac{V_{min}}{V_f} \cdot V_f \dots\dots\dots(12)$$



Gambar 2. 6 Kurva Hidrolik Pipa Air Buangan

(Sumber: Metcalf & Eddy, 1981)

#### 2.4.6 Kedalaman Pipa

Kedalaman pipa perlu diperhatikan peletakkannya untuk keamanan dari beban yang berada di atasnya. Kedalaman maksimal untuk pipa induk pada saluran terbuka adalah 7 meter atau dipilih kedalaman ekonomis sesuai dengan estimasi biaya dan kemudahan/ resiko pelaksanaan galian dan pemasangan pipa. Berikut kedalaman galian setiap jenis pipa:

- Persil  $\geq 0,4$  meter (bila beban ringan) dan  $\geq 0,8$  meter (bila beban berat).
- Pipa service 0,75 meter.
- Pipa lateral 1-1,2 meter.

#### 2.4.7 Bahan Perpipaan

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pipa secara menyeluruh adalah:

- a. Umur ekonomis
- b. Pengalaman pipa sejenis yang telah diaplikasikan di lapangan
- c. Resistensi terhadap korosi (kimia) atau abrasi (fisik)
- d. Koefisien kekasaran (hidrolik)
- e. Kemudahan transpor dan *handling*
- f. Kekuatan struktur
- g. Biaya suplai, transpor dan pemasangan
- h. Ketersediaan di lapangan
- i. Ketahanan terhadap disolusi didalam air
- j. Kecedapan dinding
- k. Kemudahan pemasangan sambungan

Berikut jenis pipa yang dapat digunakan sebagai penyalur air limbah:

- Pipa beton
- Pipa *cast iron*
- Pipa asbes semen
- Vitrified clay pipa
- Pipa plastik (PVC dan PE)

## 2.5 Instalasi Pengolahan Air Limbah

Air limbah yang dihasilkan dari aktivitas permukiman dan masyarakat pada akhirnya akan kembali ke badan air, namun agar air tersebut tidak membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan perlu dilakukan beberapa tingkatan pengolahan. Menurut Metcalf & Eddy (2003), pengolahan yang dominan digunakan untuk meremoval kandungan fisik dalam air limbah disebut dengan unit operasi sedangkan untuk kandungan kimia dan biologis disebut dengan unit proses.

Seiring dengan perkembangan ilmu, kemudian unit operasi dan unit proses digabung menjadi satu dan dibedakan menjadi beberapa tahap pengolahan sesuai dengan tingkatan pencemar yang akan dihilangkan dalam air limbah. Berikut tahapan pengolahan air limbah:

### 1. Preliminary

Berfungsi untuk menghilangkan material-material yang besar yang terdapat di air limbah seperti kain, batang, material yang mengapung, pasir, dan lemak yang dapat menyebabkan masalah pada pompa dan pengoperasian maupun perawatan pada pengolahan selanjutnya. Adapun yang termasuk dalam pengolahan *preliminary* adalah bak ekualisasi, *screen*, *communitor*, *grit chamber*, bak *pre-aeration*, dan kemungkinan klorinasi.

### 2. Primary

Berfungsi untuk menghilangkan partikel tersuspensi, partikel yang mengendap, dan material organik dari air limbah. Pengolahan ini identik dengan bak pengendap pertama. Unit ini dapat menghilangkan kandungan partikel tersuspensi sebesar 50%-70% dan 25%-40% BOD.

### 3. Secondary

Berfungsi untuk menghilangkan partikel organik yang bersifat *biodegradable*, partikel terlarut, dan partikel tersuspensi. Pengolahan pada tahap ini merupakan

pengolahan biologis yang memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi partikel terlarut dan partikel organik yang ada dalam air limbah. Pengolahan ini terbagi menjadi 2 kelompok yaitu *attached growth* (*trickling filter*, *rotating biological contactors* (RBC), dan *sand filter*) dan *suspended growth* (kolam aerasi, *sequencing batch reactor*, *aerobic* dan *anaerobic digester*, *anaerobic baffled reactor*, *anaerobic filter*, kolam stabilisasi, dan *aerated lagoons*). Efektivitas dari pengolahan ini adalah dapat menghilangkan BOD5 dan TSS sebesar 85% namun, kurang efektif untuk menghilangkan kandungan nutrient seperti N dan P, logam berat, material yang bersifat non biodegradable bakteri, virus, dan mikroorganisme lainnya.

#### 4. Tertiary

Berfungsi untuk menghilangkan sisa dari partikel tersuspensi dari *secondary treatment* dengan menggunakan *microscreen* atau filter granular. Selain itu, pengolahan ini juga digunakan untuk menghilangkan nutrien.

#### 5. Advance

Berfungsi untuk menghilangkan material terlarut dan tersuspensi setelah pengolahan biologis yang dimaksudkan untuk berbagai jenis pemanfaatan air. Klorinasi, ultrafiltration, nitrifikasi dan denitrifikasi, *ion exchange* dan *wetland* merupakan contoh dari pengolahan *advance*.

### 2.5.1 Teknologi Pengolahan Air Limbah secara Fisik

Merupakan pengolahan secara fisik yang berfungsi untuk memisahkan benda-benda padat berukuran besar yang dapat mengganggu jalannya proses biologis dan dapat merusak kegunaan peralatan mekanik yang digunakan. Adapun yang termasuk dalam teknologi pengolahan secara fisik adalah:

#### 1. Penyaring (Screen)

Berfungsi untuk menghilangkan material yang berukuran besar yang dapat mengganggu proses pengolahan dan pompa. *Screen* atau saringan ini dibedakan menjadi 3 yaitu *coarse screen*, *microscreen* dan *fine screen*. *Coarse screen* merupakan saringan kasar yang terletak di awal saluran yang berfungsi untuk menjaga pompa, valve, perpipaan, dan peralatan lainnya akibat dari tersumbat oleh material berukuran besar. *Coarse screen* ini dibedakan lagi menjadi 2 sesuai dengan mekanisme penggunaan alatnya yaitu *mechanical screen* dan *manual screen*. Sedangkan *Fine screen* penggunaannya adalah setelah *coarse screen*, dimana digunakan untuk menghilangkan material dengan ukuran yang sangat kecil dan halus seperti *solid* pada effluen bak pengendap pertama. Pada pengolahan limbah domestik ini digunakan *coarse screen* karena effluen akhir tidak langsung digunakan sebagai bahan air baku. Adapun persyaratan teknis *coarse screen* seperti pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7.

*Tabel 2. 6 Faktor Bentuk Bar Screen*

Tipe Bar	$\beta$
Sharp-edge	2,42
Rectangular with Semicircular face	1,83
Circular	1,79
Rectangular with upstream and downstream faces	1,67
Tear Shape	0,76

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Tabel 2. 7 Kriteria Perencanaan Screen

Faktor Desain	Pembersihan Manual	Pembersihan Mekanik
<b>Kecepatan aliran melewati celah (m/ detik)</b>		
Maksimum	0,3 - 0,6	0,6 - 1
Minimum		0,3 - 0,5
<b>Ukuran Penampang Batang</b>		
Lebar (mm)	5 - 15	5 – 15
Tebal (mm)	25 - 38	25 – 38
Jarak bersih dua batang (mm)	25 - 50	15 – 75
Kemiringan terhadap horizontal	30 - 45	0 - 30
Kehilangan tekanan melewati celah (mm)	150	150

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

## 2. Sumur Pengumpul (*Sump well*)

Merupakan bak penampung sementara dari pipa penyaluran air limbah. Sumur penampung ini berfungsi untuk mengumpulkan dan menstabilkan debit air limbah yang berfluktuasi sebelum masuk ke pengolahan selanjutnya. Kriteria perencanaannya sendiri adalah

waktu tinggal air limbahnya tidak boleh lebih dari 10 menit untuk menghindari terjadinya pengendapan pada dasar sumur.

### **2.5.2 Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik Komunal secara Biologis**

Merupakan sistem pengolahan air limbah yang digunakan tidak hanya 1 (satu) rumah tangga tetapi digunakan secara bersama. Berikut teknologi yang dapat digunakan untuk pengolahan biologis air limbah domestik secara komunal:

#### **1. Tangki Septik Bersama**

Tangki septik ini mengolah limbah yang berasal dari wc/kakus dari beberapa rumah yang dialirkan melalui pipa tertutup. Pada umumnya merupakan bak sedimentasi yang dapat menghilangkan BOD sebesar 30-50% dan TSS sebesar 40-60% dengan waktu tinggal hidolik 1 hari. Jumlah kompartemen yang dimiliki paling sedikit adalah 2 kompartemen. Panjang kompartemen pertama minimum adalah 50% dari total panjang. Apabila hanya terdapat dua kompartemen, maka panjang total kompartemen tersebut adalah  $\frac{2}{3}$  dari panjang total tangki septik. Kelebihan dari sistem ini adalah memiliki desain konstruksi dan pengoperasian yang mudah namun kelemahannya adalah effluen dan lumpur yang terbentuk harus dilakukan pengolahan lanjutan seperti dengan bidang resapan untuk mengurangi tingkat bakteri patogen pada effluen. Perencanaan tangki septik ini mengacu pada SNI 03-2398-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Tangki Septik dengan Sistem Resapan. Ilustrasi tangki septik bersama dapat dilihat pada Gambar 2.7.

#### **2. Tangki Septik Bersekat**

Tangki septik bersekat atau disebut *anaerobic baffled reactor (ABR)*, adalah pengolahan yang mengkombinasikan prinsip kerja dari *moving beds*



*reactor (MBR)* dan *upflow anaerobic sludge blanket (UASB)*. Perbedaan antara *ABR* dengan *MBR* dan *UASB* adalah, *sludge blanket* dari *ABR* tidak diapungkan dan effluennya bukan merupakan bagian dari activated sludge yang nantinya akan diendapkan pada chamber berikutnya. *ABR* ini merupakan pengolahan dengan beberapa kompartemen yang disusun secara seri. Setiap kompartemen memiliki fungsi dan tingkat degradasi material organik yang berbeda. Aliran yang digunakan adalah aliran *upflow* yang berfungsi untuk mencegah adanya aliran pendek. Sedangkan sekat berfungsi untuk media kontak antara air limbah dengan mikroorganisme sehingga dapat meningkatkan efisiensi degradasi polutan organik. Pengolahan ini dapat menghilangkan COD sebesar 65-90%, BOD sebesar 70-95%, TSS sebesar 80- 90% dengan waktu tinggal hidrolis 1-3 hari. Lahan yang dibutuhkan untuk melayani 50 kepala keluarga adalah seluas 60 m<sup>2</sup>. Ilustrasi untuk tangki septik bersekat dapat dilihat pada Gambar 2.8.

3. Bio-digester

Merupakan pengolahan biologis secara anaerobik. Air limbah yang diolah, dipisahkan antara padatan (lumpur) dan cairan (supernatan) yang nantinya akan diolah lebih lanjut. Pengolahan bio-digester ini akan menghasilkan biogas yang dapat dimanfaatkan untuk energi alternatif. Bio- digester cocok diaplikasikan untuk air limbah yang memiliki beban organik yang tinggi seperti industri rumah pada daerah urban. Waktu tinggal untuk air limbah adalah 15-30 hari. Ilustrasi untuk bio-digester dapat dilihat pada Gambar 2.9.

4. Tangki Septik Bersusun dengan Filter

Tangki septik bersusun dengan filter adalah hasil modifikasi dari tangki septik. Prinsip pengolahannya adalah air yang telah melalui proses anaerobik dilewatkan filter untuk dilakukan filtrasi. Filter yang digunakan terdiri dari batu, kerikil dan bak kontak dari plastik. Penggunaan sistem ini perlu dilengkapi dengan pengolahan pendahuluan untuk mengendapkan partikel-

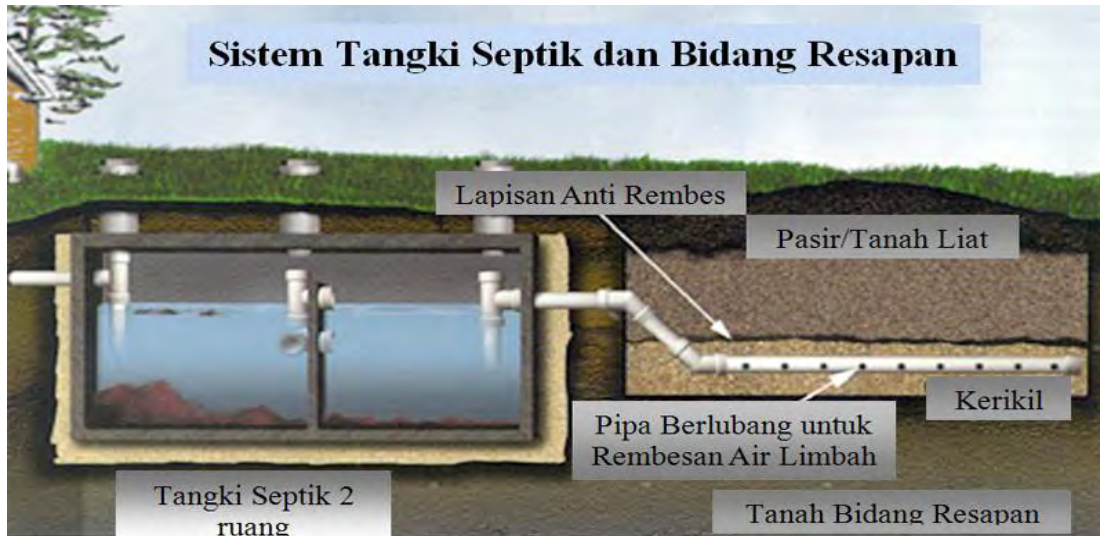
partikel kasar, seperti dengan menggunakan tangki septik atau bak pengendap. Pengolahan ini dapat menghilangkan BOD sebesar 50-90%, TSS 50-80% dengan waktu tinggal hidrolis 1 hari namun pengolahan ini hanya dapat digunakan untuk air limbah yang memiliki konsentrasi partikel tersuspensi yang rendah dan rasio COD/BOD yang rendah. Kelebihan dari pengolahan ini adalah tahan terhadap *shock loading* air limbah. Ilustrasi tangki septik bersusun dengan filter dapat dilihat pada Gambar 2.10.

5. Tangki Septik Bersekat dengan Filter dan Tanaman

Tangki septik bersekat dengan filter dan tanaman merupakan kombinasi tangki septik dengan bak yang diberi tanaman. Air limbah yang keluar dari tangki septik akan diserap oleh akar tanaman yang bermedia tanah dan kerikil dengan kemiringan antara 0-0,5%. Kebutuhan lahan untuk aplikasi dari teknologi ini adalah 50 kepala keluarga membutuhkan 120 m<sup>2</sup>. Gambar 2.11 menunjukkan ilustrasi aplikasi tangki septik dengan filter dan tanaman.

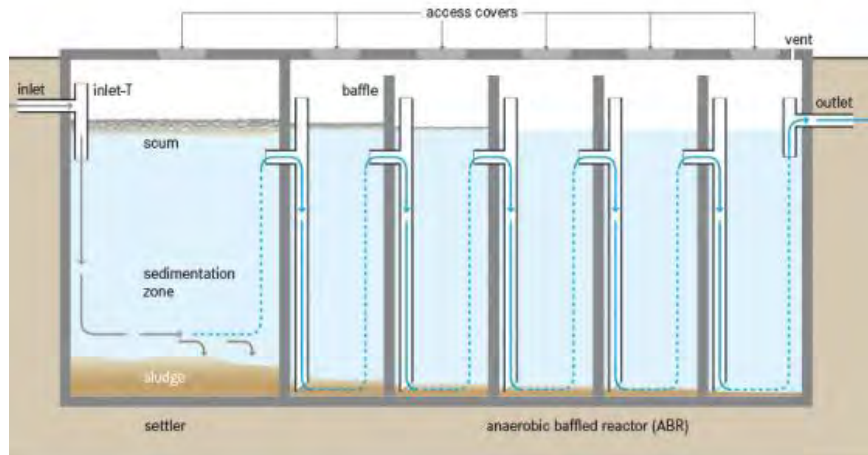
6. Kolam Aerobik

Prinsip pengolahan pada kolam aerobik sama dengan yang terdapat pada Instalasi Pengolahan Air Lumpur Tinja (IPLT). *Supply* oksigen yang dibutuhkan dapat dipenuhi dengan cara memberi undakan atau meninggikan pipa inlet sehingga terjadi aliran turbulen. Dimensi kolam adalah 1-1,2 meter dengan perbandingan kemiringan 1:3. Pengolahan ini hanya cocok digunakan untuk konsentrasi air limbah yang rendah dan diperlukan 2 hingga 3 kolam untuk menurunkan nilai BOD. Ilustrasi tangki septik bersusun dengan kolam aerasi dapat dilihat pada Gambar 2.12.



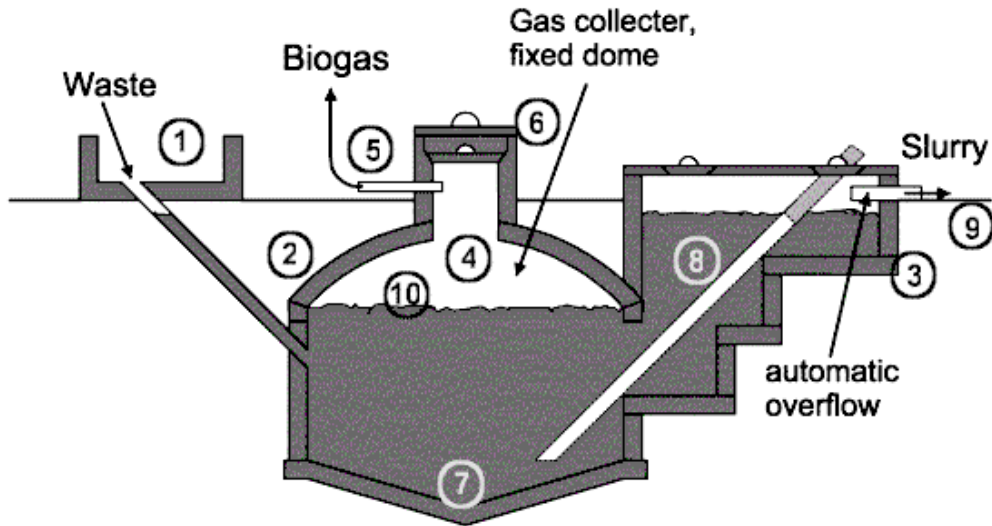
Gambar 2. 7 Tangki Septik dengan Sistem Resapan

(Sumber: [www.p2kp.org/wardetil.asp?catid=1&mid=&Form\\_Page=189&tp=&](http://www.p2kp.org/wardetil.asp?catid=1&mid=&Form_Page=189&tp=&))



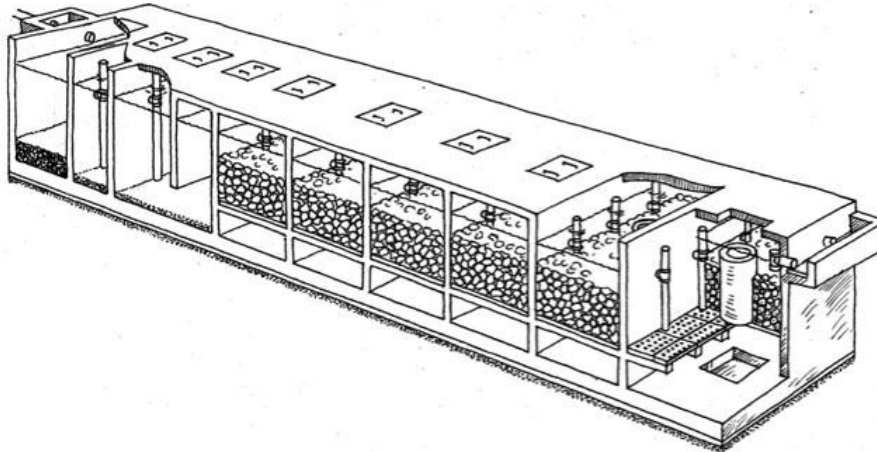
Gambar 2. 8 Anaerobic Baffled Reactor

(Sumber: [www.sswm.info/category/implementation- tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments- 8#reference\\_book7934](http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-8#reference_book7934))



Gambar 2. 9 Biodigester Fixed dome

(Sumber: [fastonline.org/CD3WD\\_40/BIOGASHTM/EN/APPLDEV/DESIGN/DIGESTYPES.HTML](http://fastonline.org/CD3WD_40/BIOGASHTM/EN/APPLDEV/DESIGN/DIGESTYPES.HTML))



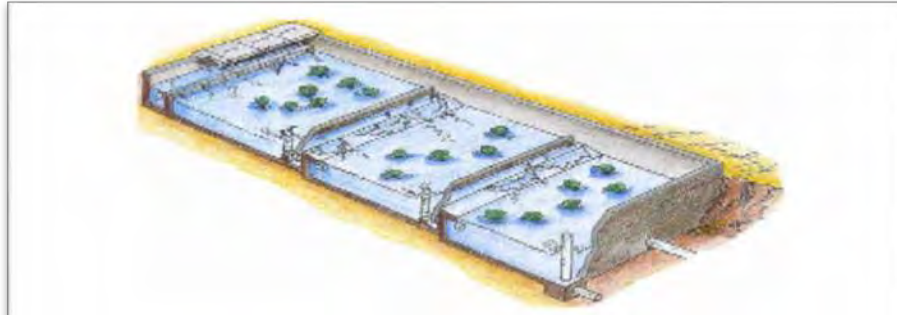
*Gambar 2. 10 Anaerobic Filter*

(Sumber: [www.sswm.info/category/implementation- tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-7](http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-7))



Gambar 2. 11 Aplikasi Tangki Septik Bersusun dengan Filter dan Tanaman

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum 2013)



Gambar 2. 12 Aplikasi Tangki Septik Bersusun dengan Kolam Aerasi

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum 2013)



## **2.6 Baku Mutu**

### **2.6.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik**

Sebelum dibuang ke badan air, air limbah yang telah diolah harus memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Secara nasional, baku mutu air limbah domestik telah diatur dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Namun, Kota Surabaya telah memiliki peraturan daerah yang mengatur tentang baku mutu air limbah domestik yang lebih ketat, sehingga baku mutu tersebut yang akan ditetapkan dan digunakan pada perencanaan ini. Baku mutu air limbah domestik Kota Surabaya ditunjukkan pada Tabel 2.8.

*Tabel 2. 8 Baku Mutu Air Limbah Domestik Kota Surabaya*

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Kadar Maksimum</b>
BOD5	mg/l	30
COD	mg/l	50
TSS	mg/l	50
Minyak dan Lemak	mg/l	10
pH	-	6-9

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013

## **BAB 3**

### **GAMBARAN UMUM**

### **WILAYAH PERENCANAAN**

#### **3.1. Rencana Induk Air Limbah Surabaya**

Sejak 30 tahun yang lalu, Kota Surabaya telah melakukan studi air limbah dengan merekomendasikan sistem off-site. Studi tersebut berhasil mencetuskan master plan perencanaan air limbah Kota Surabaya yang belum terealisasi hingga saat ini. Studi tersebut dilakukan secara bertahap mulai dari tahun 1988 hingga tahun 2014 dengan nama program (1) Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT) tahun 1988-1992; (2) Surabaya Sawerage and Sanitation Development Program (SSDP) 1988 dengan horizon perencanaan hingga 2020; (3) Kajian ulang dokumen SSDP Surabaya pada tahun 2008; (4) Kajian ulang DED sistem modular air limbah Kota Surabaya tahun 2008; (5) Rencana Strategis Sanitasi tahun 2009; dan terakhir (6) Strategi sanitasi perkotaan tahun 2010- 2014.

Adanya program ini di latarbelakangi oleh buruknya kondisi sanitasi baik dari sisi sarana maupun kebiasaan masyarakat yang menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Sedangkan SSDP ini dibuat dengan tujuan untuk (1) menciptakan kehidupan yang lebih baik di masa depan dengan menghilangkan penghalang kemajuan perekonomian Surabaya; (2) mengurangi beban pencemar BOD setiap harinya dari 60 ton/hari menjadi 20 ton/hari pada tahun 2030; (3) mendapatkan status bebas BAB sembarangan pada tahun 2020; dan (4) meningkatkan kualitas air DAS Sungai Brantas yang sudah sangat tercemar.

Pada salah satu program SSDP dijelaskan mengenai fasilitas sanitasi air limbah yang akan dibangun di Kota Surabaya berupa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dimana IPAL tersebut akan melayani kawasan dengan tingkat kepadatan penduduk lebih dari 300 jiwa/ ha. IPAL tersebut nantinya akan dibangun pada Boezem Wonokrembangan (11 Ha) dan di kawasan jembatan Suramadu (6 Ha) dengan prinsip pengolahan secara biologis. Cakupan pelayanan untuk IPAL itu sendiri nantinya akan meliputi air limbah yang berasal dari wilayah Surabaya Barat dan Timur, dengan total sambungan rumah 140.000 sambungan, serta tinja dari pengurasan sistem on-site dari masyarakat disekitar.

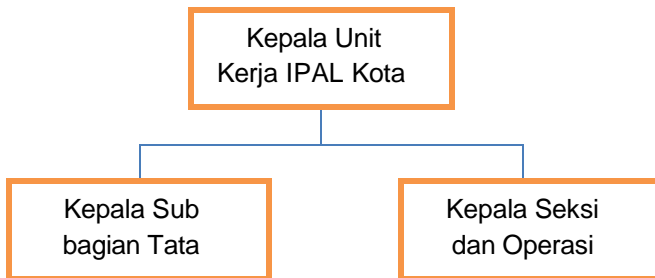
Biaya investasi yang dibutuhkan untuk implementasi program ini diperkirakan sebesar 4,5 triliun rupiah. Namun, untuk pembiayaan program yang telah berjalan berasal dari dana bilateral pemerintah Indonesia dengan Australia sebesar A\$ 60,5 juta. Dana tersebut digunakan untuk periode 1 Juli 2009 hingga 30 Juni 2011 sedangkan proyek ini sendiri berjalan mulai tanggal 1 September 2010 hingga 30 Juni 2011. Pembiayaan operasional dan perawatan SSDP ini nantinya akan dibebankan kepada pelanggan sebesar 2% dari biaya investasi dan disesuaikan dengan kategori sistem yang digunakan. Pada rencana awal, pelanggan akan mendapatkan subsidi maksimal 50% dari pemerintah hingga tahun 2020.

### **3.2. Kelembagaan Pengelola**

Air limbah merupakan salah satu sub bidang yang termasuk dalam komponen penyehatan lingkungan permukiman (PLP) sedangkan IPAL merupakan sarana yang dibuat untuk pengolahan air limbah, sehingga sistem kelembagaan dari IPAL masuk ke dalam sub bidang prasarana dan sarana penyehatan lingkungan permukiman (PS PLP). Lembaga pengelola PS PLP dapat dilakukan oleh pemerintah daerah maupun

komponen masyarakat namun, jika unit PS PLP memiliki lahan dan spesifikasi tertentu yang kompleks sebaiknya dikelola secara khusus, seperti IPAL, TPA, IPLT, dan kolam retensi. Pengelola PS PLP pada wilayah pemerintahan provinsi/ kota/ kabupaten dapat berbentuk kelembagaan seperti berikut:

1. Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) Pengelolaan dengan sistem ini masih belum spesifik menjadi tugas dari unit kerja tersendiri. Fungsi pengelolaan dilekatkan pada struktur jabatan/ posisi yang ada pada SKPD.
2. Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) Pengelolaan dengan sistem ini memiliki struktur yang lebih sederhana, dengan jabatan fungsional. Kepala UPTD pemerintah provinsi adalah pejabat eselon III sedangkan Kepala UPTD pemerintah kota/ kabupaten adalah pejabat eselon IV. Contoh struktur unit kerja IPAL dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Struktur Unit Kerja IPAL

3. SKPD atau UPTD yang menerapkan sistem PPK-BLUD  
Merupakan lembaga yang menjalankan fungsi layanan publik dengan pengelolaan keuangan dan SDM yang lebih luasa/ fleksibel. Keleluasaan ini

termasuk wewenang untuk menggunakan pemasukan dari jasa layanan/ produk secara langsung untuk kegiatan operasional tanpa harus disertakan terlebih dahulu kepada kas daerah, diperbolehkan merekrut tenaga profesional non-PNS, serta menetapkan struktur remunerasi sendiri.

4. Perusahaan Daerah/ Badan Usaha Milik Daerah (Perusda/ BUMD)

Merupakan badan usaha uang modalnya sebagian besar atau seluruhnya menjadi milik pemerintah daerah. Secara umum sistem pemerintahan ini dikenal dengan nama quasi- governmental corporation, yang merupakan badan usaha yang tidak semata-mata mencari keuntungan namun juga menjalankan fungsi layanan publik tertentu (Final Master Plan Rencana Induk Investasi Air Limbah Paket I Surabaya, 2011).

### 3.3. Rencana Induk Sanitasi Kota Surabaya

Menurut Buku Putih Sanitasi Kota Surabaya (2010), Kecamatan Sukolilo merupakan salah satu wilayah kumuh di Kota Surabaya yang harus mendapatkan pelayanan dalam bidang sanitasi. Program yang direncanakan oleh Kota Surabaya telah mengacu pada salah satu butir kesepakatan MDG's yakni *"To reduce by halve the proportion of people without sustainable acces to safe drinking water and safe sanitation"*. Salah satu fokus dalam realisasi gerakan mewujudkan MDG's adalah dalam sektor pengelolaan air limbah.

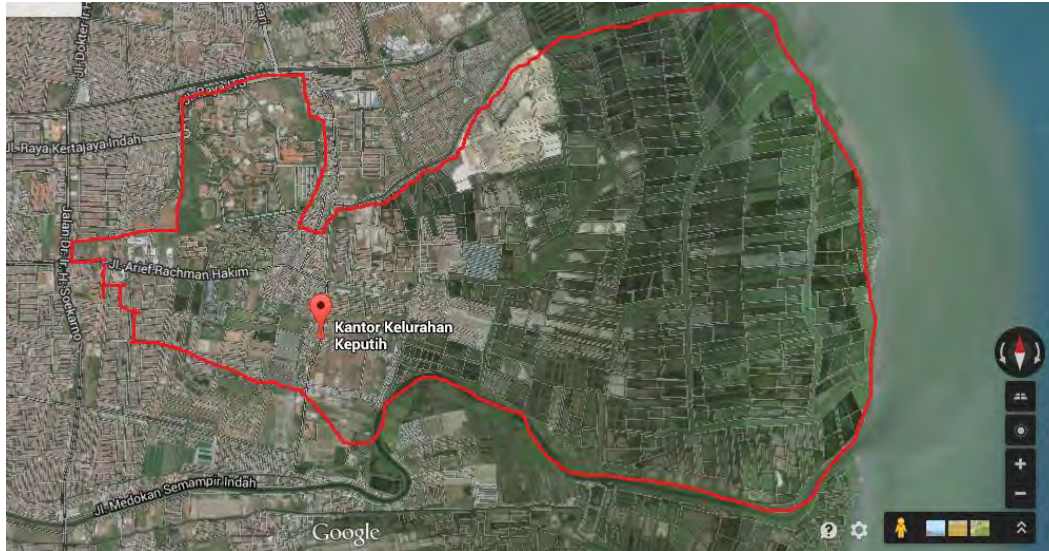
Kebiasaan masyarakat yang tidak mengolah limbahnya sebelum dibuang ke badan air harus dirubah untuk meningkatkan taraf kualitas lingkungan hidup. Sesuai dengan program yang telah direncanakan Kota Surabaya, pembuatan *Detail Engineering Desain* (DED) pembangunan sewer dan IPAL sedang marak dilaksanakan. Tolok ukur keberhasilan dari program tersebut adalah 50% hingga 70% penduduk terlayani oleh sistem perpipaan dan pengolahan air limbah domestik.

Rencana pengelolaan air limbah ini diharapkan dapat ditingkatkan menjadi sistem komunal yang terintegrasi dengan sistem sanitasi pengolahan limbah domestik perkotaan. Melalui pelaksanaan Program Percepatan Pembangunan Sanitasi Pemukiman (PPSP) 2010-2014, dilakukan penyusunan Memorandum Program Sektor Sanitasi (MPSS) TA 2012-2016 yang berisi tentang rencana strategi dan komitmen pendanaan Pemerintah Kota dan pihak terkait untuk implementasi pembangunan sektor sanitasi kota jangka menengah. Dinyatakan dalam program dan kegiatan sub sektor air limbah tahun 2012 – 2016 Kota Surabaya, dana yang dialokasikan untuk pembangunan IPAL dan sewer di Kecamatan Sukolilo berjumlah sebesar Rp 500.000.000 yang bersumber dari APBD Provinsi (Memorandum Program Sektor Sanitasi, 2012).

### **3.4. Gambaran Umum Wilayah**

Keputih merupakan salah satu kelurahan yang berada di Kecamatan Sukolilo, Surabaya Timur, dengan ketinggian tanah  $\pm 3$  meter di atas permukaan air laut. Kelurahan ini memiliki 40 RT dan 9 RW dengan luas wilayah 1440 Ha. Sebagian besar wilayah Kelurahan Keputih merupakan tambak yang digunakan sebagai mata pencaharian sebagian penduduk setempat. Kelurahan Keputih memiliki curah hujan sebesar 25 mm/tahun dan suhu udara rata-rata  $28^{\circ} - 36^{\circ} \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Secara geografis, Kelurahan Keputih berbatasan dengan:

- a. Batas wilayah sebelah utara :Kelurahan  
Kejawen Tambak
- b. Batas wilayah sebelah timur :Laut/ Selat  
Madura
- c. Batas wilayah sebelah selatan :Kelurahan  
Medokan Semampir dan Semolowaru
- d. Batas wilayah sebelah barat :Kelurahan  
Klampis Ngasem



Gambar 3. 2 Batas Kelurahan Keputih

(Sumber: [www.google.earth.com](http://www.google.earth.com))

### 3.5. Jumlah Penduduk

Dibandingkan dengan 6 Kelurahan lainnya yang berada di Kecamatan Sukolilo, Kelurahan Keputih memiliki tingkat kepadatan penduduk yang paling rendah. Hal ini dikarenakan wilayahnya yang luas dan jumlah penduduknya yang kecil, jika dibandingkan dengan Kelurahan lainnya. Jumlah penduduk Kelurahan Keputih dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk Kelurahan Keputih

<b>Tahun ke-</b>	<b>Luas Wilayah (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Jumlah Penduduk</b>	<b>Kepadatan Penduduk</b>
2010	14,40	11.687	812
2011	14,40	13.016	904
2012	14,40	14.295	993

Sumber : Kecamatan Sukolilo dalam Angka

Tahun 2011, 2012, 2013

### 3.6. Fasilitas Umum Wilayah

Fasilitas umum merupakan sarana penunjang aktivitas penduduk dalam kehidupan sehari-hari. Fasilitas ini meliputi sarana pendidikan, kesehatan, peribadatan dan fasilitas umum seperti pasar. Keberadaan fasilitas ini nantinya akan diproyeksikan sesuai dengan periode desain dan rencana tata ruang wilayah yang telah ditetapkan. Fasilitas umum yang ada di Kelurahan Keputih ditunjukkan pada Tabel 3.2.



Tabel 3. 2 Fasilitas Umum Kelurahan Keputih 2014

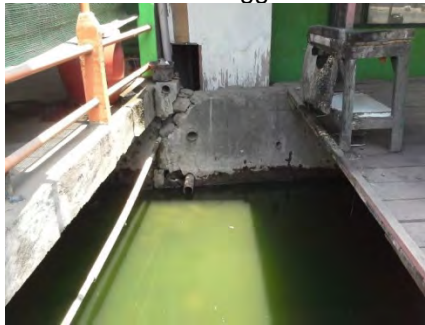
No	Fasilitas	Jumlah
<b>1</b>	<b>Pendidikan:</b>	<b>30</b>
	Paud	7
	TK	8
	SD	6
	SMP/SLTP	2
	SMA/SLTA	4
	Perguruan Tinggi	3
<b>2</b>	<b>Kesehatan:</b>	<b>20</b>
	RSU	1
	Rumah Sakit Bersalin	1
	Poliklinik	1
	Posyandu	16
	Puskesmas	1
<b>3</b>	<b>Umum:</b>	<b>1</b>
	Pasar	1
<b>4</b>	<b>Peribadatan:</b>	<b>39</b>
	Masjid	11
	Musholla	28

Sumber : Monografi Kelurahan Keputih Bulan April-Juni 2014

### 3.7. Kondisi Sanitasi Air Limbah Wilayah

Menurut Puskesmas Kelurahan Keputih tahun 2014, dari 4226 KK yang terdapat di Kelurahan Keputih masih ditemui beberapa kepala keluarga yang belum memiliki jamban. Tercatat 55 KK belum memiliki jamban dan 27 KK masih menggunakan wc umum. Kondisi wc

umum yang digunakan pun mayoritas tidak memiliki tangki septik dan tidak terawat. Sedangkan 3337 KK telah memiliki jamban sehat dan 807 KK memiliki jamban sehat semi permanen. Selain itu, kebiasaan warga yang tinggal di sepanjang saluran drainase yang melewati Kelurahan Keputih, langsung membuang air limbah dari hasil MCK mereka ke badan air, menyebabkan warna hijau pada dan bau yang tidak sedap pada saluran. Kondisi sanitasi air limbah Kelurahan Keputih dapat dilihat pada Gambar 3.3 hingga 3.6.



Gambar 3. 3 Kondisi Sanitasi Air Limbah Rumah Tangga



Gambar 3. 4 Kondisi Sanitasi Air Limbah Perdagangan



Gambar 3. 5 Jamban Umum Tidak Sehat



Gambar 3. 6 Buangan MCK di Saluran Drainase Kelurahan Keputih

### 3.8. Peta Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan untuk pelayanan sistem penyaluran dan pengolahan air limbah ditunjukkan dengan warna merah pada lampiran. Detail jumlah sambungan rumah yang akan dilayani yaitu sebesar 524 KK pada RW 1 sedangkan rencana pelayanan 5 tahun kedepan meliputi 9 RW di Kelurahan Keputih. Instalasi pengolahan direncanakan berada di jalan Bumi Marina Emas, bersebelahan dengan lokasi insenerator Keputih. Gambar 3.7 dan 3.8 menunjukkan detail lokasi wilayah perencanaan dan detail lokasi perencanaan IPAL.



Gambar 3. 7 Detail Lokasi Perencanaan Wilayah Pelayanan



Gambar 3. 8 Detail Lokasi Perencanaan IPAL

## BAB 4

### METODE PERENCANAAN

#### 4.1. Umum

Metode perencanaan berisi tentang cara dan acuan kerja yang nantinya akan diaplikasikan saat pelaksanaan tugas akhir. Metode ini mencakup seluruh kegiatan dan tahapan yang akan dilaksanakan mulai dari awal hingga akhir perencanaan seperti ide perencanaan, identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, perencanaan SPAL dan IPAL, pembuatan laporan serta kesimpulan dan saran. Dengan adanya metode ini diharapkan dapat menghasilkan perencanaan yang baik dan sistematis.

#### 4.2. Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan (Gambar 4.1) berfungsi untuk memudahkan dalam berfikir dan melakukan perencanaan sesuai dengan tahapan yang telah dibuat. Dengan demikian diharapkan dapat menghasilkan perencanaan yang baik dan terintegrasi. Dalam Kerangka perencanaan terdapat beberapa tahapan perencanaan, diantaranya:

##### 4.2.1 Ide Perencanaan

Ide perencanaan berasal dari masalah serta kondisi eksisting yang ada dari suatu objek. Pada tugas akhir ini ide dari perencanaan adalah **“Perencanaan Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kelurahan Keputih Surabaya”**. Ide tersebut muncul dilatar belakangi oleh adanya pencemaran Kali Surabaya yang diakibatkan oleh 50% air limbah domestik serta banyaknya penderita penyakit kulit akibat infeksi dan diare masyarakat Kelurahan Keputih. Dengan adanya perencanaan ini, diharapkan dapat mengurangi permasalahan kualitas air sungai dan meningkatnya taraf kesehatan masyarakat Kelurahan Keputih.

#### **4.2.2 Identifikasi Masalah**

Sebelum melakukan perencanaan, perlu dirumuskan terlebih dahulu masalah yang menjadi latar belakang dari perencanaan. Permasalahan tersebut nantinya akan dijawab dengan solusi yang tepat yang dirumuskan dalam tujuan perencanaan. Adapun rumusan masalah pada perencanaan ini adalah:

1. Bagaimana kualitas dan kuantitas air limbah domestik di Kelurahan Keputih Surabaya?
2. Bagaimana sistem penyaluran air limbah domestik di Kelurahan Keputih Surabaya?
3. Bagaimana pengolahan yang tepat untuk air limbah domestik di Kelurahan Keputih Surabaya?
4. Berapa biaya yang diperlukan untuk membangun fasilitas penyaluran dan pengolahan air limbah?

#### **4.2.3 Studi Literatur**

Studi Literatur merupakan teori yang menjadi dasar yang dapat mendukung perencanaan yang akan dilakukan. Sumber yang digunakan dalam studi literatur dapat diperoleh dari buku, jurnal, makalah seminar, skripsi, thesis dan sumber lain yang dapat dipertanggungjawabkan isinya. Dalam perencanaan ini, literatur yang dikaji meliputi pengetahuan dasar tentang air limbah domestik, perencanaan sistem penyaluran air limbah, perencanaan instalasi pengolahan air limbah dan standar baku mutu yang digunakan untuk evaluasi sistem pengelolaan air limbah.

#### **4.2.4 Pengumpulan Data**

Data yang digunakan dalam perencanaan meliputi data primer dan data sekunder. Adapun data primer yang dibutuhkan adalah:

1. Kualitas dan kuantitas air Limbah di Kelurahan Keputih Surabaya

Data ini didapatkan melalui analisis laboratorium. Parameter yang dianalisis sama dengan yang tercantum pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013, diantaranya COD; BOD; TSS; minyak dan lemak dan pH. Adapun langkah analisis laboratorium adalah sebagai berikut:

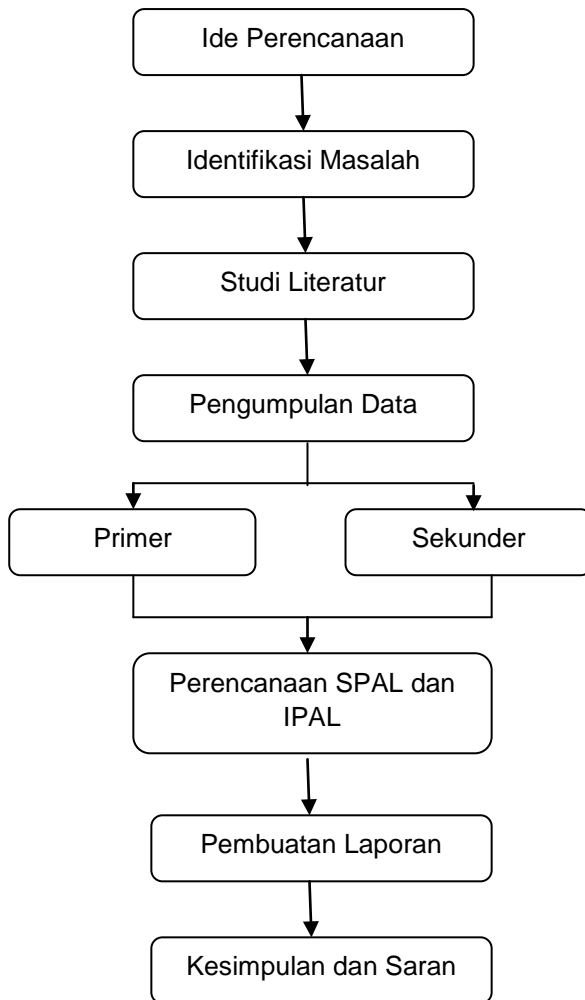
1. Pengambilan sampel air limbah dilakukan di 3 titik pada saluran drainase yang dianggap merepresentasikan wilayah perencanaan. Pada perencanaan ini, titik lokasi sampling berada di jalan Arief Rahman Hakim, jalan Keputih Perintis dan Jalan gang Makam blok E.
2. Pengambilan sampel dilakukan pada saat jam puncak, yaitu pukul 07.00 BBWI hingga pukul 09.00 BBWI.
3. Analisis sampel menggunakan standar dari APHA *AWWA Standards Methods for Examination of Water and Wastewater* tahun 1999.
2. Debit air buangan dari pemakaian air bersih  
Data ini didapatkan dengan cara melakukan sampling secara random kepada warga Kelurahan Keputih dengan membagikan kuisioner. Kuisioner disebarakan pada warga yang tidak memiliki usaha komersil seperti laundry, tempat cuci motor dan bengkel. Data yang didapatkan dari kuisioner merupakan data berupa rekening air dan perkiraan debit air yang dipakai setiap bulan. Data rekening air kemudian di konversikan dalam jumlah debit melalui website PDAM. Nilai debit yang didapatkan merupakan debit total air bersih dalam satu rumah kemudian untuk mendapatkan debit air bersih setiap orang, debit total tersebut dibagi dengan jumlah penghuni rumah.
3. Kondisi rencana lahan IPAL dan lokasi perencanaan  
Data ini bisa didapatkan melalui wawancara dan pengukuran terhadap lahan. Selain itu, dilakukan



dengan cara pengukuran menggunakan aplikasi *my track* dan *google earth* untuk mengetahui ketinggian lokasi.

Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan dalam perencanaan ini meliputi:

1. Data dan informasi monografi  
Merupakan data kependudukan dan informasi umum mengenai Kelurahan Keputih. Data ini didapatkan dari kantor Kelurahan Keputih dan Badan Pusat Statistik Surabaya.
2. Data dan informasi sanitasi  
Merupakan data kondisi eksisting fasilitas sanitasi dan kesehatan masyarakat. Data ini didapatkan dari instansi pemerintah Dinas Kesehatan Kota Surabaya, Puskesmas Keputih, Badan Pusat Statistik Kota Surabaya dan kantor Kelurahan Keputih.
3. Data dan peta administrasi  
Data ini didapatkan dari instansi pemerintah Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota (BAPPEKO) Surabaya.
4. Data dan peta geografi  
Data ini didapatkan dari instansi pemerintah Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota (BAPPEKO) Surabaya.
5. Data dan peta drainase  
Data ini didapatkan dari instansi pemerintah Dinas Pekerjaan Umum (PU) Kota Surabaya sub bagian perencanaan.
6. Data dan peta jalan  
Data ini didapatkan dari instansi pemerintah Dinas Pekerjaan Umum (PU) Kota Surabaya sub bagian perencanaan.
7. Data dan peta rencana tata ruang wilayah  
Data ini bisa didapatkan pada instansi pemerintah Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Kota Surabaya dan Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota (BAPPEKO) Surabaya.



Gambar 4. 1 Diagram Kerangka Perencanaan

#### 4.2.5 Perencanaan SPAL dan IPAL

Perencanaan didasarkan pada data yang telah diperoleh dari lapangan maupun instansi terkait. Output dari perencanaan ini adalah Detail Engineering Desain (DED) untuk Instalasi Pengolahan Air Limbah, estimasi biaya yang dikeluarkan dalam perencanaan, dan SOP untuk operasional dan perawatan. Adapun langkah perencanaan awal sistem penyaluran air limbah adalah:

1. Melakukan estimasi debit air limbah yang akan masuk ke dalam pipa.
2. Melakukan seleksi persamaan hidrolika, alternatif bahan perpipaan dan ukuran minimum, kecepatan maksimum dan minimum, dan kemiringan.
3. Membagi daerah perencanaan menjadi beberapa bagian untuk pembebanan pipa.
4. Menghitung diameter pipa yang digunakan.
5. Melakukan seleksi bangunan pelengkap.
6. Menggambarkan layout dari pipa.
7. Menentukan titik lokasi manhole.
8. Melakukan evaluasi profil hidrolis.

Sedangkan perencanaan instalasi pengolahan air limbah yang pertama adalah dengan melakukan *preliminary sizing* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik kualitas dan kuantitas air limbah domestik.
2. Penetapan baku mutu effluen yang digunakan.
3. Pemilihan jenis pengolahan yang digunakan sesuai dengan karakteristik air limbah.
4. Pemilihan pengolahan yang dapat menghasilkan effluen sesuai dengan baku mutu dan pengeluaran biaya seminimal mungkin.
5. Pemilihan pengolahan dengan metode matriks. Metode ini berfungsi untuk membantu mengerucutkan pilihan menjadi 3 alternatif pengolahan jika hasil dari poin 3 dan 4 belum bisa tercapai.

6. Perhitungan dimensi bangunan pengolahan.

7. Perencanaan detali teknis.

Selanjutnya langkah kedua yang harus dilakukan adalah perhitungan *preliminary design* yang mencakup beberapa hal, diantaranya:

1. Menetapkan periode desain.

2. Menggambarkan diagram alir proses.

3. Menetapkan kriteria perencanaan.

4. Menghitung dimensi unit-unit operasi dan proses.

5. Menghitung kesetimbangan massa.

6. Menggambarkan tata letak bangunan pengolahan (layout).

7. Melakukan evaluasi profil hidrolis.

#### **4.2.6 Pembuatan Laporan**

Merupakan hasil perencanaan sesuai dengan studi literatur dan data yang diperoleh, mulai dari awal hingga akhir perencanaan.

#### **4.2.7 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dan saran didapatkan dari hasil analisis perencanaan yang telah dilakukan. Kesimpulan merupakan jawaban atas tujuan yang ingin dicapai berdasarkan hasil perencanaan yang telah dibuat. Sedangkan saran merupakan masukan kepada pembaca yang sifatnya dapat membangun dan menyempurnakan tugas akhir yang telah dibuat.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB 5

### PEMBAHASAN

#### PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH

##### 5.1. Proyeksi Wilayah Perencanaan

Dalam rencana pengelolaan air limbah domestik ini, ditetapkan wilayah perencanaan yang akan dihitung secara detail adalah RW 1 Kelurahan Keputih meliputi 4 RT dengan jumlah kepala keluarga 524 KK. Namun, selama periode desain yang ditentukan, akan dilayani seluruh penduduk dalam satu kelurahan Keputih. Langkah selanjutnya adalah menetapkan periode desain untuk menentukan waktu proyeksi penduduk. Periode desain yang digunakan dalam perencanaan ini adalah 5 tahun terhitung dari tahun 2015 hingga tahun 2020. Langkah selanjutnya adalah melakukan proyeksi penduduk untuk mengetahui jumlah penduduk yang akan tinggal di Kelurahan Keputih. Fungsi dari jumlah penduduk ini adalah untuk mendapatkan kuantitas air limbah yang nantinya akan masuk ke dalam saluran perpipaan dan di olah pada IPAL. Proyeksi penduduk dilakukan dengan menggunakan 3 metode yaitu aritmatika, geometri dan *least square*. Sebelum melakukan proyeksi penduduk, perlu dihitung terlebih dahulu nilai korelasi ( $r$ ) untuk menentukan metode yang akan digunakan untuk proyeksi. Perhitungan nilai korelasi dapat dilakukan dengan persamaan (13).

$$r = \frac{n \sum x.y - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{0.5}} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana:

$n$  = Jumlah data

untuk metode aritmatika

x = Urutan data mulai dari angka 1  
y = Selisih jumlah penduduk setiap tahun

untuk metode geometri  
x = Urutan data mulai dari angka 1  
y = (ln) Jumlah penduduk

untuk metode *least square*  
x = Urutan data mulai dari angka 1  
y = Jumlah penduduk

Jumlah penduduk RW 1 Kelurahan Keputih berdasarkan data monografi Kelurahan Keputih selama 4 tahun terakhir ditunjukkan dengan Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Jumlah Penduduk RW 1

RW	Jumlah Penduduk			
	2011	2012	2013	2014
1	2178	2329	2486	2582

Sumber: Data Monografi Kelurahan Keputih Tahun 2011, 2012, 2013, dan 2014

Dari jumlah penduduk tersebut kemudian dilakukan perhitungan pertumbuhan prosentase penduduk dengan persamaan (14).

$$\frac{(\sum \text{penduduk tahun ke } n) - (\sum \text{penduduk tahun ke } (n-1))}{\sum \text{penduduk ke } (n-1)} \times 100\% \dots (14)$$

Berdasarkan persamaan (13) dan (14) didapatkan nilai korelasi (r) dan laju pertumbuhan penduduk RW 1 (Tabel 5.2) yang nantinya akan digunakan sebagai dasar proyeksi penduduk selama 5 tahun kedepan.

Tabel 5. 2 Laju Pertumbuhan Penduduk

No	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertumbuhan Penduduk (Jiwa)	Prosentase Pertumbuhan (%)
1	2011	1940	0	0
2	2012	2091	151	7.22
3	2013	2248	157	6.98
4	2014	2344	96	4.10
Jumlah			404	18.30
Rata-rata pertumbuhan			134.67	6.10
r			0.06	
Deviasi			3.36	
Deviasi Maksimum			9.47	
Deviasi Minimum			2.74	

Pada Tabel 5.2, didapatkan laju prosentase pertumbuhan penduduk total 18.30% dalam kurun waktu 3 tahun, sehingga pertambahan penduduk rata-rata pertahun adalah:

$$r = \frac{18,30\%}{(4-1)} = 6,10\%$$

Deviasi maksimum merupakan laju pertumbuhan penduduk maksimal yang mungkin dialami oleh warga RW 1 Kelurahan Keputih sedangkan deviasi minimum merupakan laju pertumbuhan penduduk minimumnya. Pada Tabel 5.2, didapatkan nilai deviasi maksimum dan minimum dengan cara:

- Deviasi maksimum : 6.10% + 3.36% = 9.47%
- Deviasi minimum : 6.10% - 3.36% = 2.74%



## 5.2. Pemilihan Metode Proyeksi Penduduk

### 1. Metode Aritmatik

Metode ini digunakan untuk daerah dengan perkembangan penduduk yang selalu naik secara konstan dan dalam kurun waktu yang pendek. Persamaan yang digunakan untuk proyeksi penduduk adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_o + r(dn) \dots\dots\dots(15)$$

Dimana,

$P_n$  = Jumlah penduduk pada akhir tahun periode

$P_o$  = Jumlah penduduk pada awal proyeksi

$r$  = Rata-rata pertambahan penduduk tiap tahun

$dn$  = Kurun waktu proyeksi

Perhitungan nilai  $r$  dapat menggunakan persamaan (13). Hasil perhitungan nilai korelasi dengan metode aritmatik dapat dilihat pada Tabel 5.3.

### 2. Metode Geometri

Metode ini digunakan untuk jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. Proyeksi penduduk dengan metode geometri menggunakan persamaan (16).

$$P_n = P_o(1 + r)^n \dots\dots\dots(16)$$

Dimana,

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke  $n$

$P_o$  = Jumlah penduduk pada awal proyeksi

$r$  = Rata-rata pertambahan penduduk pertahun

$n$  = Kurun waktu proyeksi

Perhitungan nilai  $r$  menggunakan persamaan (13). Hasil perhitungan nilai korelasi dengan metode geometri dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 3 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Aritmatik

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Metode Aritmatik				
			Selisih Tahun (X)	Selisih Jumlah Penduduk (Y)	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	2011	1940	0	0	0	0	0
2	2012	2091	1	151	151	1	22801
3	2013	2248	2	157	314	4	24649
4	2014	2344	3	96	288	9	9216
Jumlah			6	404	753	14	56666
r							0.845

Tabel 5. 4 Perhitungan Nilai Korelasi Metode Geometri

No.	Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Geometrik				
			Nomor Data Tiap Tahun (X)	Jumah Penduduk dalam ln (Y)	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	2011	1940	1	7.57	7.57	1	57.31
2	2012	2091	2	7.65	15.29	4	58.45
3	2013	2248	3	7.72	23.15	9	59.56
4	2014	2344	4	7.76	31.04	16	60.21
Jumlah			10	30.69	77.05	30	235.54
r							0.992

### 3. Metode *Least Square*

Perhitungannya dibagi menjadi 2 yaitu genap dan ganjil. Digunakan untuk jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. Perhitungan proyeksi penduduk metode *least square* menggunakan persamaan (17).

$$P_n = a + (bt) \dots\dots\dots(17)$$

Dimana,

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke  $n$

$a$  = Konstanta yang diperoleh dari  $\sum Y / n$

$b$  = Parameter yang diperoleh dari  $\sum XY / \sum X^2$

$t$  = Kurun waktu proyeksi

Perhitungan nilai  $r$  dapat menggunakan persamaan (13). Hasil perhitungan nilai korelasi dengan metode *least square* dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Perhitungan Nilai Korelasi Metode *Least Square*

No.	Tahun	Jumlah Penduduk	Metode <i>Least Square</i>				
			Nomor Data Tiap Tahun (X)	Jumah Penduduk (Y)	X.Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	2011	1940	1	1940	1940	1	3763600
2	2012	2091	2	2091	4182	4	4372281
3	2013	2248	3	2248	6744	9	5053504
4	2014	2344	4	2344	9376	16	5494336
Jumlah			10	8623	22242	30	18683721
r							0.995

Dari ketiga metode tersebut dipilih salah satu metode yang mempunyai nilai  $r$  yang mendekati 1. Hasil rangkuman nilai korelasi dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Rangkuman Nilai Korelasi

Metode	Nilai $r$
	RW 1
Aritmatika	0.845
Geometri	0.992
<i>Least Square</i>	0.995

Pada ketiga metode tersebut, metode *least square* yang memiliki nilai korelasi mendekati 1 yakni 0.995 namun nilai ini tidak jauh berbeda dengan metode geometri yakni 0.992. Pemilihan metode proyeksi penduduk dalam hal ini digunakan sesuai dengan metode geometri. Hal ini dikarenakan metode *least square* memperhitungkan pertambahan dan berkurangnya jumlah penduduk setiap hari sedangkan metode geometri memperhitungkan hal tersebut dalam kurun waktu tahun. Secara aktual, metode *least square* sulit untuk diterapkan karena tidak mungkin setiap hari melakukan survei kependudukan. Oleh karena itu, metode geometri dianggap lebih relevan dengan keadaan yang sebenarnya.

Perhitungan proyeksi penduduk (Tabel 5.7) dilakukan menggunakan persamaan (16). Berikut contoh perhitungan dengan menggunakan persamaan (16) untuk proyeksi penduduk tahun 2017:

Data perhitungan:

$$\Sigma \text{ Penduduk 2014 (Po)} = 2344 \text{ Jiwa}$$

$$\text{Nilai } r = 0.06$$

$$n \text{ tahun 2017} = 2$$

Perhitungan jumlah penduduk:

$$P_{2017} = 2344(1 + 0.06)^2$$

$$P_{2017} = 2800 \text{ jiwa}$$

Sehingga, jumlah penduduk RW 1 Kelurahan Keputih pada tahun 2017 adalah 2800 jiwa.

Tabel 5. 7 Hasil Proyeksi Penduduk RW 1 Tahun 2015 – 2024

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
	RW 1
2011	1940
2012	2091
2013	2248
2014	2344
2015	2487
2016	2639
2017	2800
2018	2970
2019	3152
2020	3344
2021	3548
2022	3764
2023	3994
2024	4238

Tabel 5. 8 Hasil Proyeksi Penduduk Kelurahan Keputih Tahun 2015 – 2024

RW	Tahun													
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	1940	2091	2248	2344	2487	2639	2800	2970	3152	3344	3548	3764	3994	4238
2	2618	3207	3659	4011	4539	5137	5813	6578	7444	8424	9533	10788	12208	13816
3	2127	2230	2279	2335	2406	2480	2556	2634	2714	2797	2883	2971	3062	3155
4	452	467	490	495	510	525	540	557	573	590	608	626	644	663
5	679	707	730	734	753	772	792	812	833	854	876	898	921	944
6	948	1007	1020	1024	1050	1076	1103	1131	1159	1188	1218	1248	1280	1312
7	380	396	415	422	436	451	467	483	499	517	534	553	571	591
8	1564	1857	2012	2079	2264	2466	2685	2924	3184	3468	3777	4113	4479	4877
9	166	188	213	211	227	244	262	282	303	326	350	376	404	435
Jumlah	10874	12150	13066	13655	14672	15789	17017	18370	19861	21507	23326	25337	27564	30031



**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

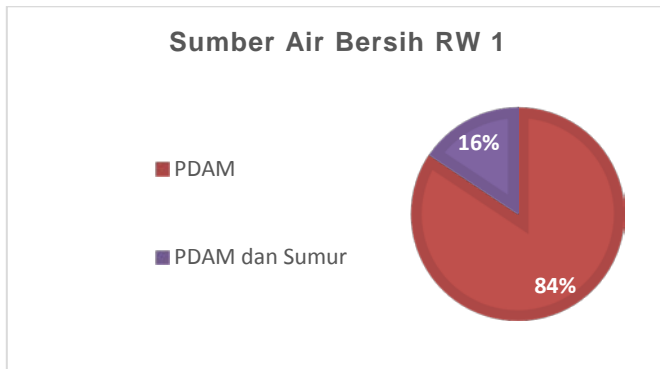
### 5.3. Perhitungan Debit Air Limbah

Debit air limbah yang akan diolah ke instalasi pengolahan air limbah berasal dari kebutuhan air bersih yang digunakan orang setiap harinya. Dari kebutuhan air tersebut sekitar 80% akan menjadi air limbah. Hal ini didukung dengan hasil kuisioner yang telah disebar. Berdasarkan survei yang telah dilakukan di Kelurahan Keputih RW 1, dari 32 responden yang mengisi kuisioner, didapatkan kebutuhan air rata-rata per orang dalam 1 hari adalah lebih dari 300 liter/org.hari. Jika dibandingkan dengan kebutuhan air bersih rata-rata orang per hari dalam kriteria perencanaan ditjen cipta karya Dinas PU tahun 1996 yakni kota dengan jumlah penduduk >1.000.000 menggunakan air bersih >190 lt/org.hari, sehingga diambil penggunaan air bersih sebesar 200 liter/org.hari. Dasar pengambilan keputusan debit air bersih per orang per harinya didukung dengan pendapatan warga setempat dari hasil survei, yakni tergolong dalam ekonomi menengah ke bawah. Oleh sebab itu, pada perencanaan ini tidak digunakan data survei melainkan kebutuhan air yang berasal dari studi literatur yakni 200 Lliter/org.hari. Hasil survei RW 1 dapat dilihat pada penjelasan berikut:

Tabel 5. 9 Sumber Air Bersih RW 1

Sumber Air	Jumlah Pengguna
PDAM	27
PDAM dan Sumur	5
Jumlah	32

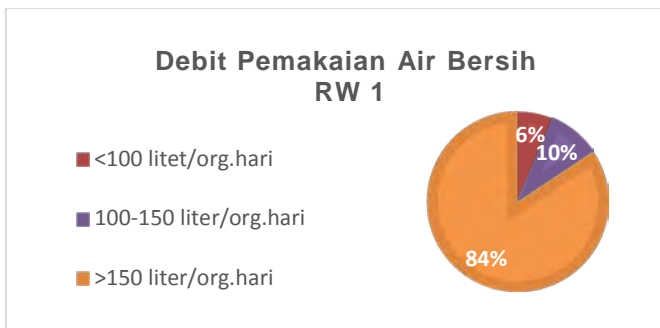
Diagram pada Gambar 5.1 menunjukkan bahwa 84% warga RW 1 Kelurahan Keputih menggunakan air PDAM sebagai sumber air bersih.



Gambar 5. 1 Diagram Prosentase Sumber Air Bersih RW 1

Tabel 5. 10 Debit Pemakaian Air Bersih RW 1

Debit Pemakaian Air	Jumlah
<100 litet/org.hari	2
100-150 liter/org.hari	3
>150 liter/org.hari	27
Jumlah	32



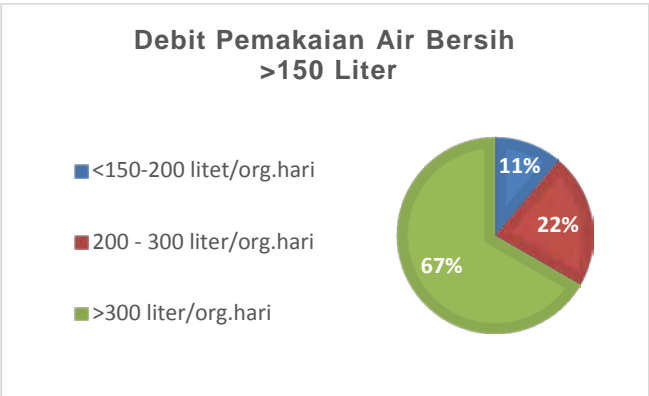
Gambar 5. 2 Diagram Prosentase Pemakaian Air Bersih RW 1

Diagram yang ditunjukkan oleh Gambar 5.2 memperlihatkan bahwa mayoritas warga RW 1 Kelurahan

Keputih membutuhkan lebih dari 150 liter/orang.hari air bersih untuk kehidupan sehari-hari. Dari kebutuhan air tersebut kemudian dilakukan perincian kembali debit air diatas 150 liter/orang.hari (Tabel 5.11) untuk ditetapkan sebagai debit perencanaan.

Tabel 5. 11 Detail Pemakaian Air Bersih Melebihi 150 Liter

Debit Pemakaian Air	Jumlah
<150-200 litet/org.hari	3
200 - 300 liter/org.hari	6
>300 liter/org.hari	18
Jumlah	27



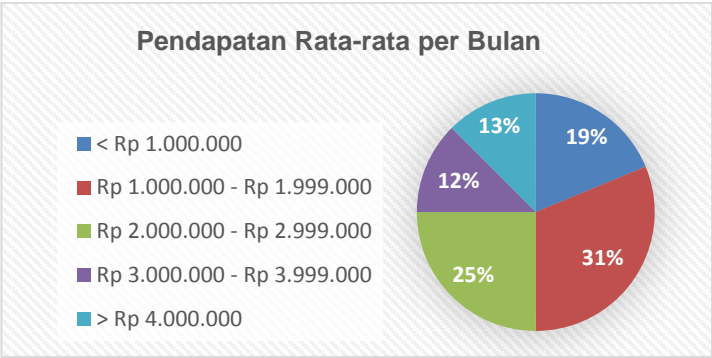
Gambar 5. 3 Diagram Prosentase Detail Pemakaian Air Bersih >150 Liter

Diagram pada Gambar 5.3 menunjukkan bahwa 67% warga RW 1 Kelurahan Keputih mengkonsumsi air bersih lebih dari 300 liter/orang.hari sedangkan hal ini kurang relevan apabila dibandingkan dengan pendapatan rata-rata per bulan dari warga setempat (Tabel 5.12 dan Gambar 5.4). Hal ini kemungkinan terjadi akibat dari kurang detailnya informasi nominal rekening air yang didapatkan oleh *surveyor* sehingga menimbulkan tingkat

error yang tinggi. Selain itu, bervariasinya pemakaian air setiap bulannya dan survei tidak dilakukan secara berkala sehingga tidak dapat diketahui dengan pasti *trend* penggunaan air warga RW 1. Oleh karena itu digunakan standar dari ditjen cipta karya Dinas PU tahun 1996 seperti pada Gambar 5.5.

Tabel 5. 12 Pendapatan Rata-rata per Bulan RW 1

Pendapatan	Jumlah
< Rp 1.000.000	6
Rp 1.000.000 - Rp 1.999.000	10
Rp 2.000.000 - Rp 2.999.000	8
Rp 3.000.000 - Rp 3.999.000	4
> Rp 4.000.000	4
Jumlah	32



Gambar 5. 4 Diagram Prosentase Pendapatan Rata-rata per Bulan

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH JIWA				
		>1.000.000	500.000 S/D 1.000.000	100.000 S/D 500.000	20.000 S/D 100.000	<20.000
		METRO	BESAR	SEDANG	KECIL	DESA
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) l/o/h	190	170	130	100	80
2	Konsumsi unit hidran umum (HU) l/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non domestik l/o/h (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor hari maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor jam puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Volume reservoir (% max day demand)	20	20	20	20	20
12	SR : HR	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan pelayanan (%)	*) 90	90	90	90	**) 70

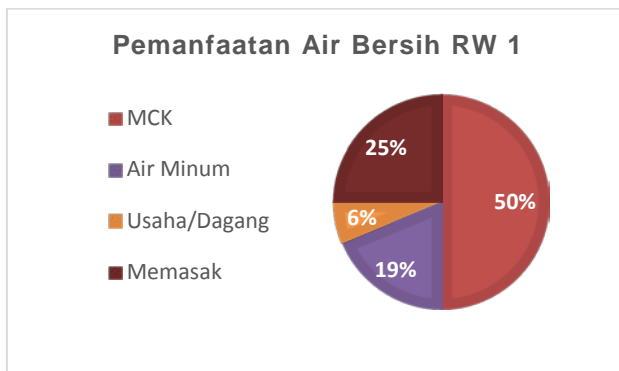
Gambar 5. 5 Kebutuhan Air Domestik

(Sumber: Ditjen Pekerjaan Umum,1996)



Tabel 5. 13 Pemanfaatan Air Bersih RW 1

Pemanfaatan Air Bersih	Jumlah
MCK	32
Air Minum	12
Usaha/Dagang	4
Memasak	16



Gambar 5. 6 Diagram Prosentase Pemanfaatan Air Bersih RW 1

Diagram pada Gambar 5.6 merupakan dasar dari pengambilan keputusan bahwa 80% air bersih yang digunakan oleh warga RW 1 menjadi air limbah. Hal ini ditunjukkan dengan 19% warga RW 1 yang masih menggunakan air bersih untuk diolah menjadi air minum. Berikut merupakan contoh perhitungan debit air limbah pada RW 1:

- Debit Air Limbah
 
$$\begin{aligned}
 Q \text{ air bersih/orang.hari} &= 200 \text{ liter/org.hari} \\
 Q \text{ air limbah} &= 80\% \times 200 \text{ lt/org.hari} \\
 &= 160 \text{ lt/org.hari} \\
 \Sigma \text{ penduduk RW 1 2020} &= 3344 \text{ jiwa} + \Sigma \text{ penduduk musiman} \\
 &= 2840 \text{ jiwa} + 238 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 Q \text{ rata-rata (Qave)} &= 3582 \text{ jiwa} \\
 &= (160 \text{ lt/org.hari} \times 3582) / 86400 \text{ detik/hari} \\
 &= 0.0066 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

- Debit Puncak (Qpeak)

Dari debit rata-rata air limbah, dengan menggunakan Gambar 2.1, didapatkan faktor peak sebesar 3.28.

Sehingga, debit puncak air limbah:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{peak}} &= Q_{\text{ave}} \times f_{\text{peak}} \\
 &= 0.0066 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3.28 \\
 &= 0.0218 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

- Debit Infiltrasi

$$\text{Luas Wilayah RW 1} = 24.47 \text{ Ha}$$

Dengan menggunakan Gambar 2.2, didapatkan faktor infiltrasi adalah sebesar 8.75 m<sup>3</sup>/ha.hari.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit infiltrasi} &= Q_{\text{ave}} \times \text{faktor infiltrasi} \\
 &= 0.0066 \text{ m}^3/\text{detik} \times 8.75 \\
 &= 0.0057 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

- Debit Minimum

Debit minimum air limbah yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{min}} &= 1/5 \times (P/1000)^{0.2} \times Q_{\text{ave}} \\
 &= 1/5 \times (3582/1000)^{0.2} \times 0.0066 \\
 &= 0.0017 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

- Debit Total Air Limbah

$$\begin{aligned}
 \text{Debit total (Qtotal)} &= Q_{\text{peak}} + Q_{\text{inf}} \\
 &= 0.0218 \text{ m}^3/\text{det} + 0.0025 \text{ m}^3/\text{det} \\
 &= 0.0242 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Hasil rangkuman perhitungan debit air limbah dapat dilihat pada Tabel 5.14 dan Tabel 5.15.

Gambar 2.1 diperoleh faktor peak sebesar 3.28

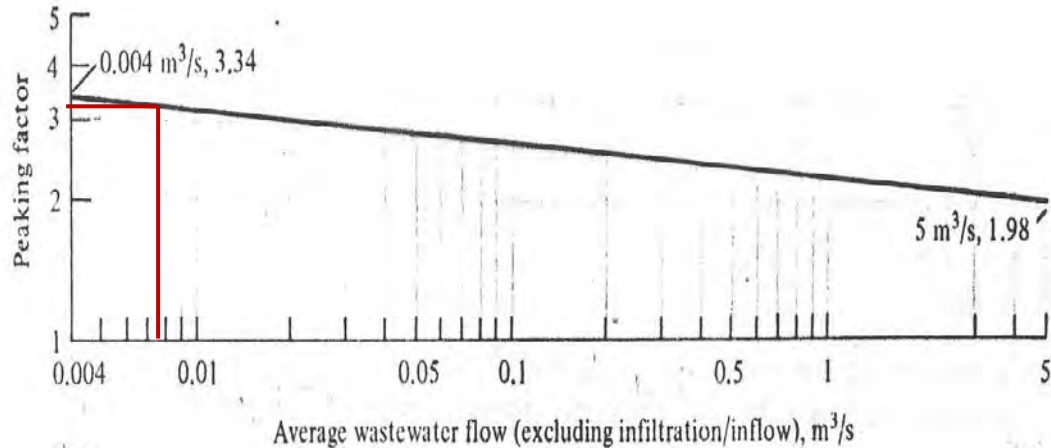


Figure 3-4 Peaking factor for domestic wastewater flows. Note:  $\text{m}^3/\text{s} \times 22.8245 = \text{Mgal/d}$ .

Gambar 2.2 diperoleh faktor infiltrasi sebesar  $8.75 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{hari}$

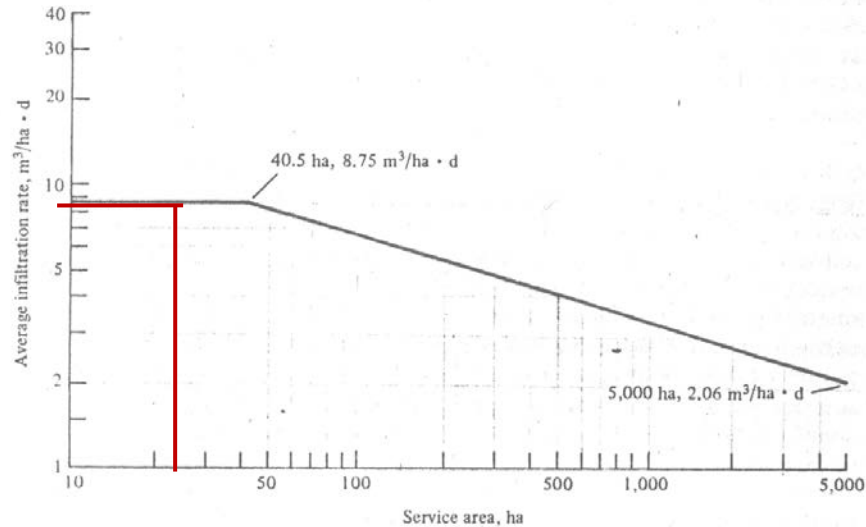


Figure 3-1 Average infiltration rate allowance for new sewers. Note:  $\text{ha} \times 2.4711 = \text{acre}$ ;  $\text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{d} \times 106.9 = \text{gal}/\text{acre} \cdot \text{d}$ .

Tabel 5. 14 Rangkuman Perhitungan Debit Air Limbah RW 1

Q air bersih lt/org.hari	Q air limbah m3/org.hari	Jumlah Penduduk Tahun 2020	Qave (m3/detik)	Faktor Peak	Qpeak (m3/detik)	Luas Wilayah (Ha)	Faktor Infiltrasi (m3/Ha.hari)	Qinf (m3/detik)	Qminimum (m3/detik)	Q total (m3/detik)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	$80\% \times (1)/1000$	Jiwa	$(2) \times (3)/ 86400$		$(4) \times (5)$			$(7) \times (8)$		$(6) + (9)$
200	0.16	3582	0.0066	3.28	0.0218	24.47	8.75	0.0025	0.0017	0.0242

Tabel 5. 15 Rangkuman Perhitungan Debit Air Limbah Kelurahan Keputih

Q air bersih lt/org.hari	Q air limbah m3/org.hari	Jumlah Penduduk Tahun 2020	Qave (m3/detik)	Faktor Peak	Qpeak (m3/detik)	Luas Wilayah (Ha)	Faktor Infiltrasi (m3/Ha.hari)	Qinf (m3/detik)	Qminimum (m3/detik)	Q total (m3/detik)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	$80\% \times (1)/1000$	Jiwa	$(2) \times (3)/ 86400$		$(4) \times (5)$			$(7) \times (8)$		$(6) + (9)$
200	0.16	23649	0.0438	2.89	0.1266	24.47	8.75	0.0025	0.0165	0.1290



#### 5.4. Perkiraan Jumlah Fasilitas Umum

Fasilitas umum merupakan penunjang kehidupan masyarakat yang ada di tempat ia bermukim. Bertambahnya jumlah penduduk akan menyebabkan bertambahnya pula fasilitas umum yang akan dibangun. Pada sebuah perencanaan, fasilitas umum juga menyubangkan debit buangan yang disebut dengan air limbah non domestik. Besar air buangan tersebut dapat diasumsikan 25%-30% dari kebutuhan air bersih yang dikonsumsi dalam suatu wilayah, namun tentu saja hal tersebut kurang representatif. Oleh sebab itu, perlu diperhitungkan kebutuhan air tersendiri dari fasilitas tersebut. Perkiraan jumlah fasilitas umum dapat ditentukan melalui persamaan (18).

$$\frac{\sum P_n}{\sum P_o} = \frac{\sum F_n}{\sum F_o} \dots\dots\dots(18)$$

Dimana:

- P<sub>n</sub> = Penduduk tahun ke n
- P<sub>o</sub> = Penduduk tahun awal
- F<sub>n</sub> = Fasilitas tahun ke n
- F<sub>o</sub> = Fasilitas tahun awal

Berikut contoh perhitungan fasilitas umum kesehatan pada tahun 2015:

- Jenis fasilitas = RSU
- P<sub>n</sub> = 14.672 jiwa
- P<sub>o</sub> = 13.655 jiwa
- F<sub>o</sub> = 1 unit

$$\frac{\sum P_n}{\sum P_o} = \frac{\sum F_n}{\sum F_o}$$

$$\frac{14.672}{13.655} = \frac{F_n}{1}$$

$$F_n = 1$$

Perhitungan perkiraan fasilitas umum di Kelurahan Keputih dapat dilihat pada Tabel 5.17. Dari hasil perkiraan tersebut, didapatkan debit air limbah non domestik (Tabel 5.18) dan debit air limbah total untuk Kelurahan Keputih (Tabel 5.19). Pada perencanaan ini yang dihitung hanya fasilitas pendidikan, fasilitas kesehatan berupa rumah sakit umum dan rumah sakit bersalin, serta fasilitas peribadatan.

Banyaknya murid pada fasilitas pendidikan pada tahun 2020 didapatkan dari prosentase jumlah murid pada tahun 2014 per banyaknya jumlah penduduk pada tahun 2014. Prosentasenya didapatkan sebesar 47.62% sehingga diasumsikan jumlah murid pada tahun 2020 adalah 48% dari jumlah total penduduk. Sedangkan fasilitas kesehatan dihitung jumlah air limbahnya berdasarkan perhitungan banyaknya *bed* yang disediakan. Diketahui bahwa RSU memiliki jumlah *bed* sebanyak 28 *bed* dan Rumah Sakit Bersalin sebanyak 45 *bed*. Banyaknya jumlah pengguna fasilitas dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5. 16 Jumlah Pengguna Fasilitas

Fasilitas	Jumlah
Fasilitas Pendidikan	
PAUD	1018 orang
TK	1453 orang
SD	538 orang
SMP/ SLTP	1788 orang
SMU/ SLTA	1358 orang
Perguruan Tinggi	1368 orang
Fasilitas Kesehatan	
RSU	28 <i>bed</i>
Rumah Sakit Bersalin	45 <i>bed</i>

Tabel 5. 17 Perkiraan Fasilitas Umum Kelurahan Keputih

Fasilitas Umum	Tahun Proyeksi						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pendidikan							
PAUD	7	8	8	9	9	10	11
TK	8	9	9	10	11	12	13
SD	6	6	7	7	8	9	9
SMP/ SLTP	2	2	2	2	3	3	3
SMU/ SLTA	4	4	5	5	5	6	6
Perguruan Tinggi	3	3	3	4	4	4	5
Jumlah	30	32	35	37	40	44	47
Kesehatan							
RSU	1	1	1	1	1	1	2
Rumah sakit bersalin	1	1	1	1	1	1	2
Poliklinik	1	1	1	1	1	1	2
Posyandu	16	17	19	20	22	23	25
Puskesmas	1	1	1	1	1	1	2
Jumlah	20	21	23	25	27	29	32
Umum							
Pasar	1	1	1	1	1	1	2
Jumlah	1	1	1	1	1	1	2
Peribadatan							
Masjid	11	12	13	14	15	16	17
Mushola	28	30	32	35	38	41	44
Jumlah	39	42	45	49	52	57	61



Tabel 5. 18 Air Limbah Non Domestik

No	Fasilitas Umum		Jumlah	Q	Q Non Domestik
	Jenis Fasilitas	Unit		L/hari	m3/detik
1	Pendidikan	47	10323	10	0.0562
2	Kesehatan	4	73	200	0.0007
3	Peribadatan	61	-	3000	0.0021
Jumlah					0.0590

Tabel 5. 19 Debit Air Limbah Total Kelurahan Keputih

Lokasi	Q non domestik (m3/det)	Q air bersih lt/org.hari	Q air limbah m3/org.hari	Jumlah Penduduk Tahun 2020	Qave total (m3/det)	Faktor Peak
	1	2	3	4	5	6
			$80\% \times (2)/1000$	Jiwa	$1 + ((3) \times (4)/86400)$	
Keputih	0.0590	200	0.16	23649	0.1027	2.4
Lokasi	Qpeak (m3/det)	Luas Wilayah (Ha)	Faktor Infiltrasi (m3/Ha.hari)	Qinf (m3/det)	Qmin (m3/det)	Q total (m3/det)
	7	8	9	10	11	12
	$(5) \times (6)$			$(8) \times (9)$		$(7) + (10)$
Keputih	0.2466	24.47	8.75	0.0025	0.0387	0.2491

### 5.5. Dimensi Saluran Air Limbah

Dimensi saluran air limbah dibuat berdasarkan pembagian jalur pengaliran air limbah yang telah di buat. Pembagian ini bertujuan untuk memudahkan perhitungan dimensi dan memperingan pembebanan perpipaan air limbah. Dalam perencanaan ini, kecepatan minimum yang ada di dalam pipa tidak boleh kurang dari 0.6 m/detik. Hal ini dikarenakan apabila kecepatan pengaliran kurang dari 0.6 m/detik dapat menyebabkan pengendapan sedimen. Kecepatan pengaliran juga tidak diperbolehkan lebih dari 2.5 m/detik karena dikhawatirkan akan terjadi penggerusan terhadap saluran. Berikut contoh perhitungan dimensi saluran pipa primer :

1. Menentukan nilai  $d/D$  untuk mendapatkan nilai  $Q_p/Q_f$ .

Pada perencanaan ini, direncanakan nilai  $d/D$  pada saluran primer adalah 0,8. Kemudian dengan menggunakan Gambar 2.6, didapatkan nilai  $Q_p/Q_f$  sebesar 0.975.

2. Menghitung besarnya  $Q_{full}$  dengan menggunakan persamaan (8)

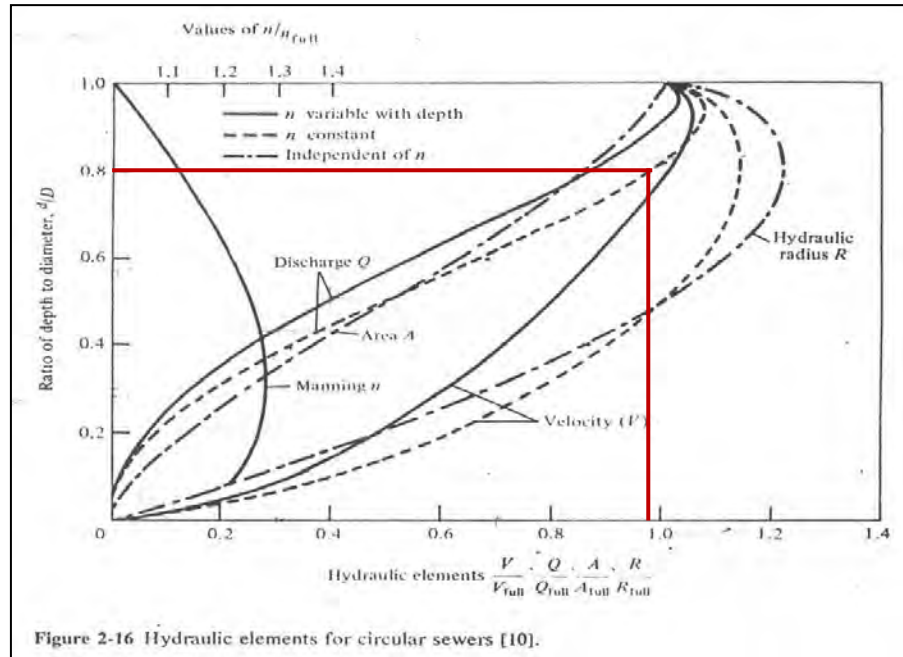
$$Q_{full} = \frac{Q_p}{Q_p/Q_f} = \frac{0,2491}{0,975} = 0,2555 \text{ m}^3/\text{detik}$$

3. Menghitung *slope* medan dengan persamaan (9)

Pada perencanaan ini digunakan pipa beton yang memiliki nilai koefisien kekasaran ( $n$ ) 0.013. Elevasi tanah awal dari pipa primer adalah 4 meter dan elevasi tanah akhirnya adalah 3 meter. Panjang pipa sepanjang pipa primer adalah 4261.12 meter, sehingga *slope* medan dari saluran pipa primer adalah:

$$S = \frac{\Delta H}{L} = \frac{4.00 - 3.00}{4261.12} = 0.0002$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai *slope* medan 0.02% namun, agar air dalam pipa dapat mengalir secara gravitasi, *slope* diperbesar menjadi 0.2%.



4. Menghitung diameter saluran dengan persamaan (10)

$$Q_{full} = \frac{0,3117}{n} \cdot [D]^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$0,2555 = \frac{0,3117}{0,013} \cdot [D]^{\frac{8}{3}} \cdot 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$D = 0,584$$

Karena diameter pipa dipasaran tidak ada yang berukuran seperti pada perhitungan, maka diameter pipa yang digunakan adalah 600 mm.

5. Melakukan cek nilai  $Q_f$  dengan menggunakan persamaan (10)

$$Q_{full\ cek} = \frac{0,3117}{n} \cdot [D]^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{full\ cek} = \frac{0,3117}{0,013} \cdot [0,6]^{\frac{8}{3}} \cdot 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{full\ cek} = 0,275 \text{ m}^3/\text{detik}$$

6. Mengecek nilai  $Q_{peak}/Q_{full}$

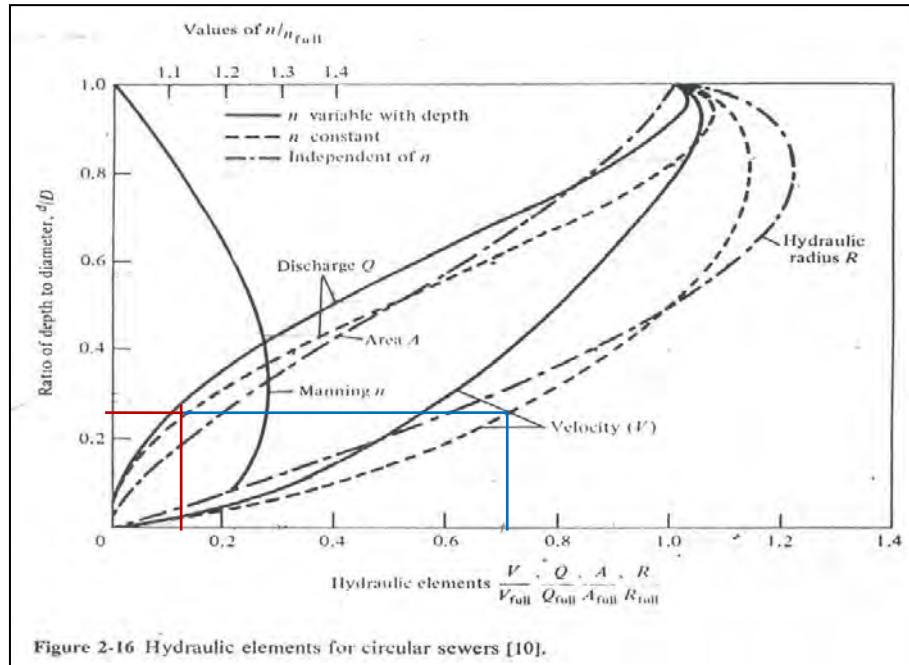
$$Q_p/Q_f = \frac{Q_p}{Q_f} = \frac{0,2491}{0,275} = 0,907$$

7. Mengecek nilai  $Q_{min}/Q_{full}$

$$Q_{min}/Q_f = \frac{Q_{min}}{Q_f} = \frac{0,0389}{0,275} = 0,141$$

8. Menentukan nilai  $d_{min}/D$  dan  $V_{min}/V_{full}$  menggunakan dengan menggunakan Gambar 2.6.

Nilai  $d_{min}/D$  didapatkan dengan cara menarik garis sesuai nilai  $Q_{min}/Q_{full}$  ke garis *discharge* Q kemudian ditarik ke sumbu Y. Didapatkan nilai  $d_{min}/D$  sebesar 0,298, kemudian untuk mendapatkan nilai  $V_{min}/V_{full}$ , dari sumbu Y di tarik garis ke kanan hingga memotong grafik *velocity* (v). Dari grafik tersebut, didapatkan nilai  $V_{min}/V_{full}$  sebesar 0,720.



9. Menghitung nilai Vfull dengan persamaan berikut:

$$V_{full} = \frac{1}{n} \times \frac{1}{4} D^{0.667} \times S^{1/2}$$

$$V_{full} = \frac{1}{0.013} \times \frac{1}{4} 0.6^{0.667} \times 0.002^{1/2} = 0.971$$

10. Menghitung nilai V min dengan persamaan berikut:

$$V_{min} = \frac{1}{n} \times R^{0.667} \times S^{1/2}$$

Karena nilai R belum diketahui, maka harus di cari terlebih dahulu. Nilai R didapatkan dari perhitungan sebagai berikut:

$$1. \quad d/D_{cek} = \frac{75}{600} = 0.125$$

$$2. \quad 1/2d = \frac{1}{2} \times 0.6 = 0.3$$

$$3. \quad \text{half full}(d) = d/D_{cek} \times D_{pasaran}$$

$$\text{half full}(d) = 0.125 \times 0.600$$

$$\text{half full}(d) = 0.075$$

$$4. \quad d - 0.5d = d/D_{cek} - 1/2 d$$

$$d - 0.5d = 0.075 - 0.3$$

$$d - 0.5d = -0.225$$

$$5. \quad a/b = d - 0.5d / 1/2 d$$

$$a/b = -0.225 / 0.3$$

$$a/b = -0.750$$

$$6. \quad \alpha = 2 \times a \cos a/b$$

$$= 2 \times a \cos -0.75$$

$$= 277.18$$

$$7. \quad \beta = 360^\circ - \alpha$$

$$= 82.82$$

$$8. \quad \text{Luas Juring} = \frac{\beta}{360} \times \frac{1}{4\pi} \times D^2$$

$$\text{Luas Juring} = \frac{82.82}{360} \times \frac{1}{4(3.14)} \times 0.6^2$$

$$\text{Luas Juring} = 0.065 \text{ m}^2$$

$$9. \text{ Luas Segitiga} = 0.5 \times 2 \times \left[ \left( \frac{1}{2} d. \right)^2 - (d - 0.5d)^2 \right] \times d - 0.5d$$

$$\text{Luas Segitiga} = 0.5 \times 2 \times [(0.3.)^2 - (-0.225)^2] \times (-0.225)$$

$$\text{Luas Segitiga} = -0.045 \text{ m}^2$$

$$10. \text{ Luas Total} = \text{Luas Juring} + \text{Luas Segitiga}$$

$$\text{Luas Total} = 0.0065 + (-0.045)$$

$$\text{Luas Total} = 0.020$$

$$11. P = \frac{\beta}{360} \times \pi \times D^2$$

$$P = \frac{82.82}{360} \times 3.14 \times 0.6^2$$

$$P = 0.433$$

$$12. R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{0.020}{0.433}$$

$$R = 0.047$$

$$13. V_{\min} = \frac{1}{0.013} \times 0.05^{0.667} \times 0.002^{1/2}$$

$$V_{\min} = 0.44 \text{ m/detik}$$

Karena  $V_{\min}$  tidak memenuhi 0.6, maka *slope* saluran harus diperbesar. Perhitungan *slope* baru adalah sebagai berikut:

$$V_{\min} = \frac{1}{n} \times R^{0.667} \times S^{1/2}$$

$$0.6 = \frac{1}{0.013} \times 0.05^{0.667} \times S^{1/2}$$

$$S = 0.004$$

Perhitungan diameter pipa air limbah dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5. 20 Perhitungan Diameter Pipa Air Limbah

Jenis Saluran	Saluran	Panjang Pipa (m)	Elevasi		Slope Medan/ Tanah	Slope Renca na	Q peak (m³/s)	d/D	Q peak/Q full	Q full	n	D Hit (m)	D Pasar (m)	D Pasa r (mm)	Q full Cek (m³/s)	Q peak/ Qfull check	Q min	Q min/ Q full Cek	dmin/ D	V min/ Vfull	Vfull	Vmin	Slope (Pipa)	Q full chek	Q min/ Q full	V min	H air
			Medan																								
			Awal	Akhir																							
Primer	Primer	4261.12	4.00	3.00	0.0002	0.002	0.249	0.8	0.975	0.255	0.013	0.584	0.600	600	0.275	0.907	0.0387	0.141	0.298	0.720	0.971	0.448	0.004	0.368	0.105	0.6	0.120
Blok A																											
Tersier	3 - 1	386.40	2.00	3.00	-0.0026	0.002	0.002	0.8	0.975	0.002	0.013	0.087	0.100	100	0.002	0.666	0.0001	0.047	0.179	0.470	0.294	0.333	0.006	0.004	0.026	0.6	0.021
Tersier	A - B	208.02	3.00	2.00	0.0048	0.002	0.002	0.8	0.975	0.002	0.013	0.090	0.100	100	0.002	0.743	0.0001	0.052	0.180	0.400	0.294	0.333	0.006	0.004	0.029	0.6	0.021
Tersier	C - D	236.03	3.00	2.00	0.0042	0.002	0.001	0.8	0.975	0.001	0.013	0.083	0.100	100	0.002	0.589	0.0001	0.042	0.178	0.469	0.294	0.333	0.006	0.004	0.023	0.6	0.016
Tersier	E - F	260.02	3.00	2.00	0.0038	0.002	0.001	0.8	0.975	0.001	0.013	0.065	0.100	100	0.002	0.307	0.0001	0.022	0.160	0.430	0.294	0.333	0.006	0.004	0.012	0.6	0.018
Tersier	G - H	345.49	3.00	3.00	0.0000	0.002	0.005	0.8	0.975	0.005	0.013	0.133	0.150	150	0.007	0.712	0.0003	0.050	0.180	0.400	0.385	0.385	0.005	0.011	0.032	0.6	0.032
Sekunder	1 - 2	474.05	3.00	5.00	-0.0042	0.002	0.011	0.8	0.975	0.011	0.013	0.180	0.200	200	0.015	0.738	0.0008	0.052	0.180	0.400	0.466	0.407	0.004	0.022	0.035	0.6	0.042
Blok B																											
Tersier	I - 4	156.63	3.00	2.00	0.0064	0.002	0.002	0.8	0.975	0.002	0.013	0.087	0.100	100	0.002	0.666	0.0001	0.047	0.179	0.470	0.294	0.333	0.006	0.004	0.026	0.6	0.021
Tersier	J - K	173.25	3.00	4.00	-0.0058	0.002	0.002	0.8	0.975	0.002	0.013	0.099	0.100	100	0.002	0.947	0.0002	0.067	0.200	0.540	0.294	0.333	0.006	0.004	0.037	0.6	0.023
Tersier	K - 5	141.84	4.00	3.00	0.0071	0.002	0.002	0.8	0.975	0.002	0.013	0.087	0.100	100	0.002	0.666	0.0001	0.047	0.179	0.470	0.294	0.333	0.006	0.004	0.026	0.6	0.021
Tersier	K - 6	217.88	4.00	4.00	0.0000	0.002	0.002	0.8	0.975	0.002	0.013	0.100	0.100	100	0.002	0.973	0.0002	0.069	0.205	0.585	0.294	0.333	0.006	0.004	0.038	0.6	0.023
Sekunder	3 - 7	655.59	2.00	3.00	-0.0015	0.002	0.013	0.8	0.975	0.014	0.013	0.195	0.200	200	0.015	0.915	0.0009	0.065	0.200	0.540	0.466	0.407	0.004	0.022	0.044	0.6	0.146

Tabel 5. 21 Perhitungan Jari-jari Basah dan Slope Pipa

Jenis Saluran	Saluran	D Pasaran (m)	d/D cek	1/2 d	hall full (de)	de-0,5d	a/b	α	β	L juring (m²)	L segitiga (m²)	L total (m²)	P	R = A/P	Saluran	Vmin Asumsi	n	R	s
Primer	Primer	0.600	0.125	0.300	0.075	-0.225	-0.750	277.18	82.819	0.065	-0.045	0.020	0.433	0.047	Primer	0.600	0.013	0.047	0.004
Blok A															Blok A				
Tersier	3 - 1	0.100	0.750	0.050	0.075	0.025	0.500	120.00	240.00	0.005	0.001	0.006	0.209	0.030	3 - 1	0.600	0.013	0.030	0.006
Tersier	A - B	0.100	0.750	0.050	0.075	0.025	0.500	120.00	240.00	0.005	0.001	0.006	0.209	0.030	A - B	0.600	0.013	0.030	0.006
Tersier	C - D	0.100	0.750	0.050	0.075	0.025	0.500	120.00	240.00	0.005	0.001	0.006	0.209	0.030	C - D	0.600	0.013	0.030	0.006
Tersier	E - F	0.100	0.750	0.050	0.075	0.025	0.500	120.00	240.00	0.005	0.001	0.006	0.209	0.030	E - F	0.600	0.013	0.030	0.006
Tersier	G - H	0.150	0.500	0.075	0.075	0.000	0.000	180.00	180.00	0.009	0.000	0.009	0.236	0.038	G - H	0.600	0.013	0.038	0.005
Sekunder	1 - 2	0.200	0.375	0.100	0.075	-0.025	-0.250	208.96	151.04	0.013	-0.002	0.011	0.263	0.041	1 - 2	0.600	0.013	0.041	0.004
Blok B															Blok B				
Tersier	I - 4	0.100	0.750	0.050	0.075	0.025	0.500	120.00	240.00	0.005	0.001	0.006	0.209	0.030	I - 4	0.600	0.013	0.030	0.006
Tersier	J - K	0.100	0.750	0.050	0.075	0.025	0.500	120.00	240.00	0.005	0.001	0.006	0.209	0.030	J - K	0.600	0.013	0.030	0.006
Tersier	K - 5	0.100	0.750	0.050	0.075	0.025	0.500	120.00	240.00	0.005	0.001	0.006	0.209	0.030	K - 5	0.600	0.013	0.030	0.006
Tersier	K - 6	0.100	0.750	0.050	0.075	0.025	0.500	120.00	240.00	0.005	0.001	0.006	0.209	0.030	K - 6	0.600	0.013	0.030	0.006
Sekunder	3 - 7	0.200	0.375	0.100	0.075	-0.025	-0.250	208.96	151.04	0.013	-0.002	0.011	0.263	0.041	3 - 7	0.600	0.013	0.041	0.004





## 5.6 Penanaman Pipa

Penanaman pipa disesuaikan dengan *slope* saluran yang telah diperhitungkan agar air limbah dapat mengalir secara gravitasi. Dalam penanaman ini, apabila terdapat penanaman pipa melebihi 5 meter dan elevasi dasar pipa bernilai negatif maka digunakan *drop manhole*. Selain itu, *drop manhole* digunakan apabila terdapat ukuran pipa yang berbeda pada jalur lurus. Berikut contoh perhitungan penanaman pipa primer.

Penanaman pipa primer terbagi menjadi 6 segmen. Pada contoh perhitungan ini, merupakan perhitungan dari segmen P1-P2.

Elevasi tanah awal	= 4
Elevasi tanah akhir	= 2
Panjang pipa (L)	= 576.10 meter
<i>Slope</i> saluran	= 0.004
Diameter pipa	= 600 mm
Kedalaman awal penanaman	= 1 meter

Untuk pipa sekunder dan tersier, kedalaman penanaman awalnya adalah 0.75 meter. Hal ini dikarenakan, letak pipa primer harus lebih rendah dari pipa sekunder dan tersier agar aliran air limbah dapat terjadi secara gravitasi.

- Elevasi Atas Pipa

Awal	= Elev. tanah awal – kedalaman awal penanaman
	= 4 m – 1 m
	= 3 m
Headloss	= Panjang pipa x <i>slope</i> = 576.10 m x 0.004
	= 2.07 m
Akhir	= Elev. atas pipa awal – HL = 3 m – 2.07 m
	= 0.93 m



Jumlah *manhole* yang dipasang bergantung pada panjang pipa dan diameter pipa sesuai dengan Tabel 2.1 pada bab 2. Selain itu, perbedaan ukuran pipa akan mempengaruhi jenis *manhole* yang digunakan. *Manhole* lurus digunakan pada saluran lurus, sedangkan *manhole* belok digunakan pada saluran yang terdapat belokan. *Manhole* lurus dan belok berfungsi sebagai lubang inspeksi saluran. Apabila terdapat perbedaan ukuran pipa pada saluran perpipaan lurus, maka di gunakan *drop manhole*. Biasanya digunakan pada saluran lateral yang memiliki ketinggian lebih dari 0.6 meter dari saluran selanjutnya. *Drop manhole* ini mempunyai fungsi untuk menghindari *splashing* air buangan yang dapat merusak saluran akibat penggerusan dan pelepasan  $H_2S$ . Berikut contoh perhitungan kebutuhan *manhole* pipa primer segmen P1-P2:

Panjang saluran	= 576.10 m
Diameter pipa	= 600 mm
Jarak antar <i>manhole</i>	= 150 m
Jumlah <i>manhole</i>	= Panjang saluran/ jarak antar <i>manhole</i>
	= 576.10 m / 150 m
	= 4 <i>manhole</i>
Jenis <i>manhole</i> yang digunakan	
<i>Manhole</i> lurus	= 4
<i>Manhole</i> belok	= - (tidak ada)
<i>Drop manhole</i>	= - (tidak ada)

Perhitungan jumlah *manhole* pada setiap saluran dapat dilihat pada Tabel 5.23.

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

Tabel 5. 22 Perhitungan Kedalaman Pipa

Jalur Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Tanah (m)		Diameter (m)	L (m)	Slope Medan	Slope Digunakan	Headloss (m)	Elevasi Atas Pipa (m)		Elevasi Dasar pipa (m)		Elevasi Muka Air		Kedalaman Penanaman (m)		Kebutuhan	Head Pompa	Drop Manhole
		Awal	Akhir						Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
P1 - P2	Primer	4.00	2.00	0.600	576.10	0.0035	0.004	2.07	3.00	0.93	2.40	0.33	2.52	0.45	1.60	1.67			
P2 - P3	Primer	2.00	5.00	0.600	934.97	-0.0032	0.004	3.36	0.93	-2.43	0.33	-3.03	0.45	-2.91	1.67	8.03	Pompa di titik P3	7.03	
P3 - P4	Primer	5.00	5.00	0.600	705.41	0.0000	0.004	2.54	-2.43	-4.97	-3.03	-5.57	-2.91	-5.45	8.03	10.57	Pompa di titik P4	9.57	
P4 - P5	Primer	5.00	3.00	0.600	658.63	0.0030	0.004	2.37	-4.97	-7.34	-5.57	-7.94	-5.45	-7.82	10.57	10.94	Pompa di titik P5	9.94	
P5 - P6	Primer	3.00	1.00	0.600	674.62	0.0030	0.004	2.43	-7.34	-9.76	-7.94	-10.36	-7.82	-10.24	10.94	11.36	Pompa di titik P6	10.36	
P6 - P7	Primer	1.00	3.00	0.600	711.38	-0.0028	0.004	2.56	0.00	-2.56	-0.60	-3.16	-0.48	-3.04	1.60	6.16	Pompa di titik P7	5.16	
3 - 1	Tersier	2.00	3.00	0.100	386.40	-0.0026	0.006	2.51	1.25	-1.26	1.15	-1.36	1.17	-1.34	0.85	4.36	Pompa di titik 1	3.61	Drop Manhole
A - B	Tersier	3.00	2.00	0.100	208.02	0.0048	0.006	1.35	2.25	0.90	2.15	0.80	2.17	0.82	0.85	1.20			
C - D	Tersier	3.00	2.00	0.100	236.03	0.0042	0.006	1.53	2.25	0.72	2.15	0.62	2.17	0.63	0.85	1.38			
E - F	Tersier	3.00	2.00	0.100	260.02	0.0038	0.006	1.69	2.25	0.56	2.15	0.46	2.17	0.48	0.85	1.54			
G - H	Tersier	3.00	3.00	0.150	345.49	0.0000	0.005	1.68	2.25	0.57	2.10	0.42	2.13	0.45	0.90	2.58			
1 - B	Sekunder 1 - 2	3.00	2.00	0.200	78.64	0.0127	0.004	0.34	2.00	1.66	1.80	1.46	1.84	1.50	1.20	0.54			
B - D	Sekunder 1 - 2	2.00	2.00	0.200	60.51	0.0000	0.004	0.26	1.66	1.40	1.46	1.20	1.50	1.24	0.54	0.80			
D - F	Sekunder 1 - 2	2.00	2.00	0.200	47.35	0.0000	0.004	0.21	1.40	1.19	1.20	0.99	1.24	1.03	0.80	1.01			
F - H	Sekunder 1 - 2	2.00	3.00	0.200	150.42	-0.0066	0.004	0.65	1.19	0.54	0.99	0.34	1.03	0.38	1.01	2.66			
H - 2	Sekunder 1 - 2	3.00	5.00	0.200	137.12	-0.0146	0.004	0.59	0.54	-0.06	0.34	-0.26	0.38	-0.21	2.66	5.26	Pompa di titik 2	4.26	Drop Manhole
I - 4	Tersier	3.00	2.00	0.100	156.63	0.0064	0.006	1.02	2.25	1.23	2.15	1.13	2.17	1.15	0.85	0.87			
J - K	Tersier	3.00	4.00	0.100	173.25	-0.0058	0.006	1.12	2.25	1.13	2.15	1.03	2.17	1.05	0.85	2.97			
K - 5	Tersier	4.00	3.00	0.100	141.84	0.0071	0.006	0.92	1.13	0.20	1.03	0.10	1.05	0.12	2.97	2.90			
K - 6	Tersier	4.00	4.00	0.100	217.88	0.0000	0.006	1.41	1.13	-0.29	1.03	-0.39	1.05	-0.37	2.97	4.39	Pompa di titik 6	3.64	
3 - 4	Sekunder 3 - 7	2.00	2.00	0.200	327.70	0.0000	0.004	1.42	1.00	-0.42	0.80	-0.62	0.95	-0.48	1.20	2.62	Pompa di titik 4	1.87	
4 - 5	Sekunder 3 - 7	2.00	3.00	0.200	116.33	-0.0086	0.004	0.50	-0.42	-0.93	-0.62	-1.13	-0.48	-0.98	2.62	4.13	Pompa di titik 5	3.38	
5 - 6	Sekunder 3 - 7	3.00	4.00	0.200	104.68	-0.0096	0.004	0.45	-0.93	-1.38	-1.13	-1.58	-0.98	-1.43	4.13	5.58	Pompa di titik 6	4.83	
6 - 7	Sekunder 3 - 7	4.00	3.00	0.200	106.87	0.0094	0.004	0.46	-1.38	-1.84	-1.58	-2.04	-1.43	-1.90	5.58	5.04	Pompa di titik 7	4.29	Drop Manhole

Tabel 5. 23 Perhitungan Jumlah *Manhole*

Jalur	Panjang Pipa (m)	D Terpakai (mm)	Jarak antar <i>Manhole</i> (m)	Jumlah <i>Manhole</i>	<i>Manhole</i> yang Digunakan		
					Lurus	Belok	Drop <i>manhole</i>
1	2	3	4	5	6	7	8
				(2)/(4)			
P1 - P2	576.10	600	150	4	4	X	X
P2 - P3	934.97	600	150	6	2	4	X
P3 - P4	705.41	600	150	5	1	4	X
P4 - P5	658.63	600	150	4	3	1	X
P5 - P6	674.62	600	150	4	3	1	X
P6 - P7	711.38	600	150	5	5	X	X
3 - 1	386.40	100	100	4	2	1	1
A - B	208.02	100	100	2	2	X	X
C - D	236.03	100	100	2	2	X	X
E - F	260.02	100	100	3	2	1	X
G - H	345.49	150	150	2	X	2	X
1 - B	78.64	200	150	1	X	1	X
B - D	60.51	200	50	1	X	1	X
D - F	47.35	200	50	1	X	1	X
F - H	150.42	200	150	1	X	1	X
H - 2	137.12	200	150	1	X	X	1
I - 4	156.63	100	100	2	1	1	X
J - K	173.25	100	100	2	2	X	X
K - 5	141.84	100	100	1	1	X	X
K - 6	217.88	100	100	2	1	1	X
3 - 4	327.70	200	150	2	X	2	X
4 - 5	116.33	200	150	1	1	X	X
5 - 6	104.68	200	150	1	1	X	X
6 - 7	106.87	200	150	1	X	X	1

## BAB 6

### PERENCANAAN INSTALASI

### PENGOLAHAN AIR LIMBAH

#### 6.1 *Preliminary Sizing*

##### 6.1.1 Kuantitas dan Kualitas Air Limbah Domestik

Kuantitas air limbah yang akan diolah pada instalasi pengolahan air limbah telah didapatkan dari perhitungan pada bab 5, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}Q_{ave} &= 0.1027 \text{ m}^3/\text{detik} \\Q_{inf} &= 0.0025 \text{ m}^3/\text{detik} \\Q_{min} &= 0.0387 \text{ m}^3/\text{detik} \\Q_{total} &= 0.2491 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

Debit yang akan digunakan pada saat proses pengolahan air limbah adalah debit total yang merupakan penjumlahan dari debit maksimum ( $Q_{peak}$ ) dengan debit infiltrasi. Sedangkan, kualitas air limbah berupa *grey water* dan *black water* didapatkan dari data primer berdasarkan hasil analisis laboratorium kualitas lingkungan jurusan teknik lingkungan ITS. Adapun hasil analisis sampel adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{pH} &= 7.10 \\ \text{TSS} &= 160 \text{ mg/l} \\ \text{COD} &= 75 \text{ mg/l O}_2 \\ \text{BOD} &= 46 \text{ mg/l O}_2 \\ \text{Minyak dan lemak} &= 30 \\ \text{Total Koliform} &= 7 \times 10^9\end{aligned}$$

Sampel yang digunakan pada analisis kualitas air tersebut berasal dari air drainase yang terletak di jalan Arif Rahman Hakim pada titik belok drainase. sampel tersebut dianggap tidak dapat merepresentasikan kondisi air buangan yang berasal dari rumah tangga. Hal ini dikarenakan, pada saluran drainase tersebut terjadi



pengenceran konsentrasi oleh air limbah yang memiliki konsentrasi lebih rendah. Selain itu, terdapat faktor *self purification* yang diabaikan, sedangkan hal tersebut sangat mungkin terjadi pada saluran drainase. Oleh sebab itu digunakan kualitas air dengan sampel lain yang masih merupakan bagian dari Kota Surabaya.

Pada perencanaan ini, digunakan sampel yang bersumber dari salah satu *point source* yang terletak di permukiman Ngagelrejo Kota Surabaya. Sampel ini diambil dari outlet pipa air buangan kamar mandi. Sampel yang dianalisis merupakan campuran dari *black water* dan *grey water*. Adapun hasil analisis kualitas sampel air buangan permukiman Ngagelrejo adalah sebagai berikut:

pH	= 7.15
TSS	= 250 mg/l
COD	= 250 mg/l O <sub>2</sub>
BOD	= 154 mg/l O <sub>2</sub>
Minyak dan lemak	= 30
Total Koliform	= 12 x 10 <sup>8</sup>

### 6.1.2 Penetapan Baku Mutu Effluen

Baku mutu effluen yang digunakan sebagai kriteria effluen pengolahan IPAL adalah Peraturan Gubernur No 72 tahun 2013 tentang baku mutu cair air limbah domestik yang ditunjukkan oleh Tabel 6.1.

Tabel 6. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik Surabaya

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
BOD5	mg/l	30
COD	mg/l	50
TSS	mg/l	50
Minyak dan Lemak	mg/l	10
pH	-	6-9

### 6.1.3 Pemilihan Jenis Pengolahan

Jenis pengolahan yang digunakan akan diseleksi sesuai dengan efisiensi pengolahan dan biaya investasi pembangunannya. Metode pemilihan pengolahan

dilakukan dengan cara membuat matriks keunggulan dan kerugian dari masing-masing unit pengolahan seperti pada Tabel 6.2. Dari penjabaran matriks pada Tabel 6.2, terlihat bahwa dari segi efisiensi, pengolahan dengan menggunakan *anaerobic baffled reactor*, *anaerobic filter*, *anaerobic digester* dan kolam aerasi memiliki efisiensi hingga 90%. Keempat pengolahan tersebut juga memiliki waktu yang singkat dalam pengolahan air limbah kecuali *anaerobic digester*. Semakin lama waktu pengolahan, maka bangunan yang dibutuhkan juga akan semakin besar sehingga biaya yang harus dikeluarkan pun juga semakin besar. Oleh sebab itu, *anaerobic digester* dieliminasi dari pengolahan yang akan digunakan.

Langkah selanjutnya untuk menentukan pemilihan pengolahan adalah dengan cara membandingkan biaya investasi yang dibutuhkan untuk membangun instalasi pengolahan tersebut. Adapun investasi biaya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 6. 2 Perkiraan Biaya Investasi

No	Jenis Pengolahan	Investasi Biaya IPAL (m <sup>3</sup> /hari)	Investasi Biaya IPAL/ Jiwa	Investasi Biaya IPAL/ (Kg/ BOD <sub>5</sub> /hari)
1	ABR	663	54	1.543
2	Biofilter	2	131	4.114
3	<i>Aerated Lagoon</i>	3613	156	25.205

Dalam USD, 1 USD Rp 12.000

Sumber: Opsi dan Teknologi Sanitasi, 2010

Berdasarkan Tabel 6.2, terlihat bahwa pengolahan menggunakan *anaerobic baffled reactor* (ABR) lebih ekonomis, sehingga dalam perencanaan ini dipilih teknologi dengan menggunakan *anaerobic baffled reactor* (ABR).

Tabel 6. 3 Matriks Pemilihan Pengolahan

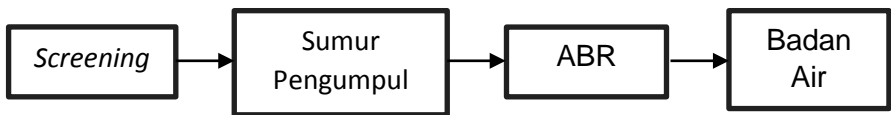
Keuntungan	Jenis Pengolahan		
	<i>Anaerobic baffled reactor</i>	<i>Anaerobic Filter</i>	<i>Anaerobic Digestion</i>
Kapasitas	<i>Pre-settled</i> limbah domestik dengan rasio COD/ BOD rendah	Pengolahan kedua setelah bak pengendap 1 atau setelah ABR	Digunakan untuk pengolahan limbah terpusat sehingga potensi biogasnya besar dan dapat dimanfaatkan
Efisiensi	70-95% BOD 80-90% TSS HRT 1- 3 hari	50-90% BOD 50-80% TSS HRT 1hari	80-85% BOD HRT 1 minggu – beberapa bulan
Biaya	Rendah	Rendah	Rendah
Pemeliharaan	Pengurasan lumpur 1 tahun 1x	Sering melakukan <i>flushing</i> untuk mencegah <i>clogging</i>	Pembersihan lumpur 2-5 tahun sekali, pengecekan tinggi gas harus dilakukan secara berkala
Keunggulan	Tingkat resistance tinggi, biogas yang terbentuk dapat dimanfaatkan	Tingkat resisten terhadap <i>shock loadingnya</i> tinggi, tingkat removal BOD dan TSS tinggi	Dapat meremoval konsentrasi organik yang tinggi tanpa membutuhkan banyak energi
Kerugian	Fase <i>start up</i> lama	Fase <i>start up</i> lama	Kandungan organik dan <i>solid</i> pada effluen perlu dilakukan pengecekan ulang
Keuntungan	Tangki Septik Bersama	Tangki Septik dengan	Kolam Aerobik

		Tanaman	
Kapasitas	Pengolahan untuk <i>grey</i> dan <i>black water</i> skala rumah tangga atau komunal	Dapat mengolah limbah <i>grey water</i> dan <i>black water</i>	Dapat digunakan untuk mengolah limbah domestik di wilayah perkotaan maupun pedesaan, mampu mengolah limbah industri
Efisiensi	30-50% BOD 40-60% TSS HRT 1 hari	-	70-90% BOD HRT 4 - 10 hari
Biaya	Rendah	Rendah	Tinggi
Pemeliharaan	Pengurasan lumpur 1 tahun 1 hingga 5 tahun sekali	Mebutuhkan skill khusus jika menggunakan tanaman hidroponik	Memerlukan skill khusus untuk menjalankan mesin, lumpur harus dikuras selama 2 – 5 tahun sekali
Keunggulan	Konstruksinya mudah dan mudah dioperasikan	Dapat meremoval BOD dan solid yang tinggi	Mempunyai efisiensi pengolahan yang tinggi
Kerugian	Fase <i>start up</i> lama, hasil efluen dan lumpurnya memerlukan pengolahan tambahan	Mebutuhkan lahan yang sangat luas	Memerlukan energi yang besar dan <i>skill</i> dalam pengoperasian

## 6.2 Preliminary Design

### 6.2.1 Bagan Alir Proses

Bagan alir proses pada perencanaan ini menunjukkan tahapan proses pengolahan air limbah yang akan direalisasikan. Dengan adanya bagan alir ini, diharapkan dapat memberi kemudahan dalam mendesain bangunan, menghitung efisiensi serta kualitas effluen setiap bangunan. Bagan alir pengolahan air limbah domestik dapat dilihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6. 1 Bagan Alir Proses Pengolahan

### 6.2.2 Menetapkan Kriteria Perencanaan

#### a) Screening

Pada perencanaan ini direncanakan menggunakan *screen* dengan pembersihan secara manual. Kriteria desain perencanaan *screen* dapat dilihat pada Tabel 6.4

Tabel 6. 4 Kriteria Desain *Screen* Pembersihan Manual

Faktor Desain	Pembersihan Manual
Kecepatan aliran melewati celah	
Maksimum	0,3 - 0,6
Ukuran penampang batang	
Lebar (mm)	5 - 15
Tebal (mm)	25 - 38
Jarak bersih dua batang (mm)	25 - 50
Kemiringan terhadap horizontal	30 - 45

Faktor Desain	Pembersihan Manual
Kehilangan tekanan melewati celah (mm)	150
Kehilangan tekanan maksimal (saat tersumbat) (mm)	600

(Sumber: Metcalf & Eddy, 1981)

b) Sumur Pengumpul

Waktu detensi < 10 menit

c) ABR

Adapun kriteria desain ABR adalah sebagai berikut:

Vup maksimal = 1,4 - 2 meter/jam

OLR = 3 kg COD/m<sup>3</sup>

HRT = Tidak kurang dari 8 jam

COD/BOD<sub>5</sub> = 0,35 – 0,45

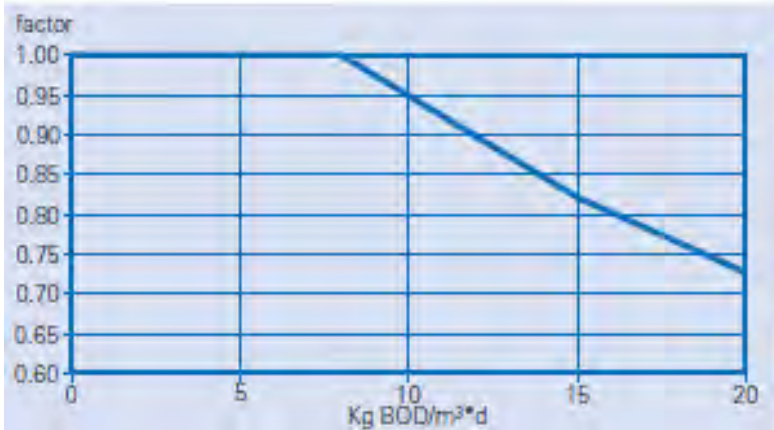
Panjang kompartemen = ½ h

Korelasi antara HRT dengan efisiensi removal BOD ditunjukkan pada Gambar 6.2



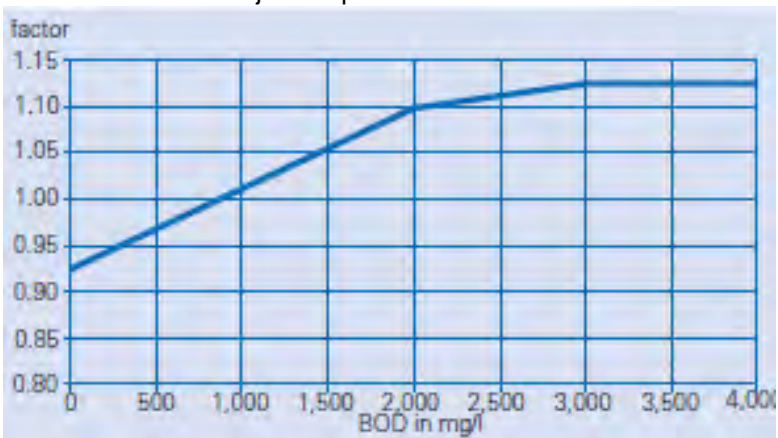
Gambar 6. 2 Hubungan antara HRT Reaktor *Baffle* dengan Removal BOD

Korelasi antara removal BOD dengan organik overloading ditunjukkan pada Gambar 6.3

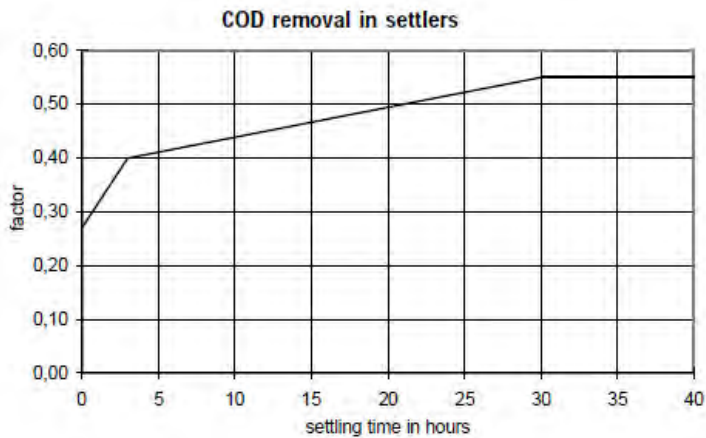


Gambar 6. 3 Hubungan antara Removal BOD dengan Organik Overloading

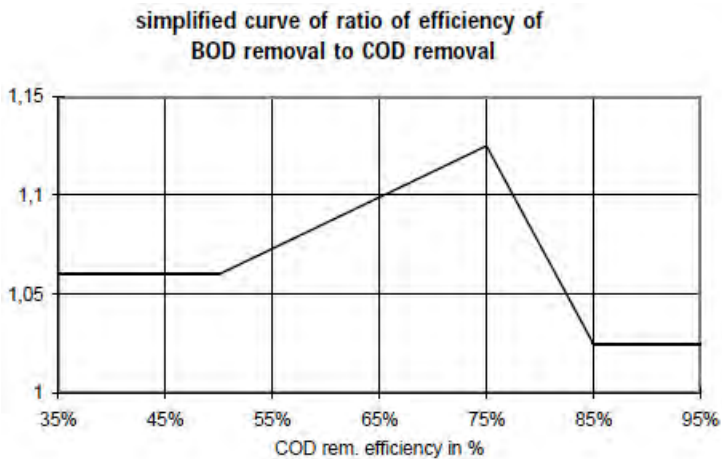
Korelasi antara removal BOD dengan konsentrasi air limbah ditunjukkan pada Gambar 6.4.



Gambar 6. 4 Hubungan antara Removal BOD dengan Konsentrasi Air Limbah



Gambar 6. 5 Grafik COD Removal pada *Settler*



Gambar 6. 6 Kurva Ratio Efisiensi BOD Removal dari COD Removal



### 6.2.3 Menghitung Dimensi Unit Operasi dan Proses

Berikut ini merupakan perhitungan dimensi unit pengolahan untuk debit air limbah 1 Kelurahan:

#### a) Bar screen

- Data perencanaan:

$$Q \text{ peak} = 0.2491 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kecepatan} = 0.3 \text{ m/detik}$$

$$\text{Kemiringan horizontal} = 45^0$$

Tipe batang segi empat dengan sisi tajam, nilai faktor bentuk 2,42

$$\text{Jarak antar batang (b)} = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$$

$$\text{Lebar batang (w)} = 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$$

- Perhitungan:

$$\begin{aligned} 1) A \text{ cross} &= \frac{Q}{v} \\ &= \frac{0.249 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,3 \text{ m/detik}} \\ &= 0.8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### 2) Kedalaman air (H air)

$$A \text{ cross} = \text{Lebar saluran} \times \text{kedalaman}$$

$$\text{Lebar saluran} = \text{kedalaman, sehingga}$$

$$A \text{ cross} = \text{Lebar saluran} \times \text{kedalaman}$$

$$0.8 \text{ m}^2 = H \times H$$

$$H = 0.9 \text{ meter}$$

$$\text{Lebar saluran} = H$$

$$= 0.9 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} 3) H \text{ total} &= H \text{ air} + \text{freeboard} \\ &= 0.9 \text{ meter} + 0.5 \text{ meter} \\ &= 1.4 \text{ meter} \end{aligned}$$

#### 4) Jumlah batang (n)

$$\text{Lebar saluran} = (n \times w) + ((n+1) \times b)$$

$$0.8 \text{ meter} = (n \times 0.005) + 0.025n + 0.025$$

$$n = 30 \text{ batang}$$

#### 5) Jumlah celah

$$= n + 1$$

$$= 30 + 1$$

$$= 31 \text{ buah}$$

- 6) Lebar celah total  $= n \times b$   
 $= 30 \times 0,025$   
 $= 0.74 \text{ m}$
- 7) Panjang kisi terendam air  $= H_{\text{air}} / \sin 45^\circ$   
 $= 0.9 / \sin 45^\circ$   
 $= 1.1 \text{ m}$
- 8) Kecepatan aliran melalui *screen*  
 Kondisi tidak *clogging*  
 $V_s = Q_{\text{peak}} / (\text{Lebar celah total} \times \text{panjang kisi terendam air})$   
 $= 0.249 \text{ m}^3/\text{detik} / (0.74 \times 1.1)$   
 $= 0,3 \text{ m/detik}$   
 Kondisi *clogging* 50%  
 Lebar celah total  $= 0,5 \times \text{lebar celah total}$   
 $= 0.5 \times 0.74$   
 $= 0.37$   
 $V_{s'} = Q_{\text{peak}} / (\text{Lebar celah total} \times \text{panjang kisi terendam air})$   
 $= 0.249 \text{ m}^3/\text{s} / (0.37 \times 0.74)$   
 $= 0.6 \text{ m/s}$
- 9) Headloss  
 Kondisi tidak *clogging*  

$$h_L = \beta \times \left( \frac{w \cdot n}{b \cdot (n+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{V_s^2}{2g} \cdot \sin(45^\circ)$$

$$= 2,42 \times \left( \frac{0,005 \cdot 30}{0,025 \cdot (30+1)} \right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{0,3^2}{2 \times 9.81} \cdot \sin(45^\circ)$$

$$= 1.16 \times 10^{-3} \text{ meter}$$
 Kondisi *clogging*  

$$h_{L'} = \frac{(V_s'^2 - V_s^2)}{2g} \times \frac{1}{0,7}$$

$$= \frac{(0.6^2 - 0.3^2)}{2 \times 9.81} \times \frac{1}{0.7}$$

$$= 0,02 \text{ meter}$$
- 10) Ketinggian air setelah *bar screen*

Kondisi tidak *clogging*

$$\begin{aligned} H' &= \text{Kedalaman total} - hL \\ &= 1.4 \text{ meter} - 1.12 \times 10^{-3} \text{ meter} \\ &= 1.398 \text{ meter} \end{aligned}$$

Kondisi *clogging*

$$\begin{aligned} H' &= \text{Kedalaman total} - hL' \\ &= 1.4 \text{ meter} - 0.02 \text{ meter} \\ &= 1.38 \text{ meter} \end{aligned}$$

11) Kecepatan air setelah *bar screen*

Kondisi tidak *clogging*

$$\begin{aligned} v' &= Q / (\text{Lebar saluran} \times H') \\ &= 0.249 \text{ m}^3/\text{detik} / (0.9 \text{ m} \times 1.398 \text{ m}) \\ &= 0.2 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Kondisi *clogging*

$$\begin{aligned} v' &= Q / (\text{Lebar saluran} \times H') \\ &= 0.249 \text{ m}^3/\text{detik} / (0.9 \text{ m} \times 1.38 \text{ m}) \\ &= 0.2 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Sehingga, detail ukuran *bar screen* adalah:

Lebar saluran = 0.9 meter

Kedalaman saluran = 1.4 meter

Jumlah batang = 30 batang

b) Sumur Pengumpul

Berikut ini merupakan perhitungan dimensi unit pengolahan untuk debit air limbah RW 1:

- Data Perencanaan

Sumur pengumpul berbentuk persegi empat

Jumlah sumur pengumpul 2 buah namun didesain dengan debit  $0.0242 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

Q peak sumur =  $0.0242 \text{ m}^3/\text{detik}$

Rasio panjang: lebar = 2 : 1

Waktu detensi 6 menit = 360 detik

Kedalaman sumur (H air) = 2.5 meter

- Perhitungan

$$\begin{aligned} 1) \text{ Volume sumur} &= Q_{\text{peak}} \times t_d \\ &= 0.024 \text{ m}^3/\text{detik} \times 360 \\ &\quad \text{detik} \\ &= 8.7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- 2) Luas sumur  $= \text{Volume} / \text{kedalaman}$   
 $= 8.7 \text{ m}^3 / 2.5 \text{ m}$   
 $= 3.5 \text{ m}^2$
- 3) Dimensi sumur  
 Luas  $= \text{panjang} \times \text{lebar}$   
 $3.5 \text{ m}^2 = (2 \times \text{lebar}) \times \text{lebar}$   
 Lebar  $= 1.4 \text{ meter}$   
 Panjang  $= 2 \times \text{lebar}$   
 $= 2 \times 1.4 \text{ meter}$   
 $= 2.8 \text{ meter}$
- 4) Cek luas  $= \text{panjang} \times \text{lebar}$   
 $= 2.8 \times 1.4$   
 $= 3.9 \text{ m}^2$
- 5) Cek volume  $= \text{Luas} \times \text{kedalaman}$   
 $= 3.9 \text{ m}^2 \times 2.5 \text{ m}$   
 $= 9.7 \text{ m}^3$
- 6) Cek td  $= (\text{Volume} / Q) / 60 \text{ detik}$   
 $= (9.7 \text{ m}^3 / 0.0242 \text{ m}^3/\text{detik}) / 60$   
 det  
 $= 7 \text{ menit}$
- 7) H total  $= H \text{ air} + \text{freeboard} + 20 \text{ cm}$   
 $= 2.5 \text{ m} + 0.5 \text{ m} + 20 \text{ cm}$   
 $= 3.2 \text{ m}$

Sehingga, dimensi untuk sumur pengumpul adalah:

Panjang  $= 2.8 \text{ meter}$   
 Lebar  $= 1.4 \text{ meter}$   
 Kedalaman  $= 3.2 \text{ meter}$

### c) ABR

Pada perhitungan dimensi ABR untuk pengolahan air limbah domestik, digunakan literatur yang bersumber dari buku DEWATS. Perhitungan dimensi ABR menggunakan *software* Ms. Excel yang secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 6.5.

Berikut ini merupakan perhitungan unit pengolahan ABR untuk debit air limbah RW 1:

- Data Perencanaan

Q total peak	= 0.0242 m <sup>3</sup> /detik
	= 2090.88 m <sup>3</sup> /hari
Jumlah ABR (n)	= 3
Kedalaman (h)	= 3 meter
Banyak kompartemen	= 6 kompartemen
Vup	= 2 meter/jam

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Q peak (m}^3/\text{hari)} &= \text{Q total peak} / n \text{ ABR} \\
 &= 2090.88 \text{ m}^3/\text{hari} / 3 \\
 &= 696.96 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

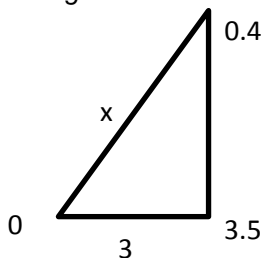
Pada reaktor ABR ini, operasi pengolahan bersifat kontinyu sehingga waktu pengaliran debitnya adalah selama 24 jam. Sehingga, debit per jam yang masuk kedalam reaktor adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Q per jam (m}^3/\text{jam)} &= \text{Q peak} / 24 \text{ jam} \\
 &= 696.96 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam} \\
 &= 29.04 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

2) Dengan diketahuinya konsentrasi COD sebesar 250 mg/l dan BOD sebesar 154 mg/l kemudian didapatkan rasio COD/BOD sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio COD/ BOD} &= 250 \text{ mg/l} / 154 \text{ mg/l} \\
 &= 1.62
 \end{aligned}$$

3) Prosentase Removal COD dihitung dengan melihat pada Gambar 6.5 dimana grafik tersebut menggunakan prinsip segitiga kongruen untuk mendapatkan prosentase removal BOD setelah melewati *settling zone* sebelum masuk ke ABR.



Titik x dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$\frac{(3.5-0)}{(0.4-0)} = \frac{(3-0)}{(x-0)}$$

$$\frac{(3)}{(0.4)} = \frac{3}{(x)}$$

$$\frac{(0.4 \times 3)}{(3)} = x$$

$$x = 0.4$$

Selanjutnya dimasukkan ke dalam formula excel sebagai berikut:

$$K5 = G5/0.6*IF(J5<1,J5*0.3,IF(J5<3,(J5-1)*0.1/2+0.3,IF(J5<30,(J5-30)*0.15/27+0.4,0.55)))$$

Pada persamaan tersebut, J5 merupakan waktu detensi air limbah pada *settler* ABR yakni 2 jam. Dari hasil perhitungan didapatkan prosentase removal COD sebesar 25%. Dari hasil prosentase tersebut kemudian didapatkan removal BOD dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \text{BOD removal} &= \text{COD removal} \times 1.06 \\ &= 25\% \times 1.06 \\ &= 26\% \end{aligned}$$

Nilai 1.06 didapatkan dari Gambar 6.6. pada grafik tersebut terlihat bahwa pada efisiensi kurang dari 35%, nilainya akan konstan yang diperkirakan besarnya adalah 1.06.

- 4) Ditetapan kedalaman ABR adalah 3 meter. Dari kedalaman tersebut didapatkan panjang setiap kompartemen sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P \text{ kompartemen} &= 1/2 h \\ &= \frac{1}{2} \times 3 \\ &= 1.5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Panjang kompartemen dari setiap chamber tidak boleh lebih dari  $\frac{1}{2}$  kedalaman ABR. Hal ini dikarenakan untuk menghindari terjadinya aliran pendek yang menyebabkan degradasi air limbah menjadi tidak optimal.

- 5) Luas kompartemen =  $Q$  per jam/  $V_{up}$   
 =  $29.04 \text{ m}^3/\text{hari} / 2 \text{ m/jam}$   
 =  $14.52 \text{ m}^2$
- 6) Lebar kompartemen = Luas komp./  $P$  komp.  
 =  $14.52 \text{ m}^2 / 1.5 \text{ meter}$   
 =  $9.68 \text{ meter} \approx 10 \text{ meter}$

#### 6.2.4 Mass Balance

- Data Perhitungan
  - $Q_{\text{peak}} = 696.96 \text{ m}^3/\text{hari}$
  - TSS =  $250 \text{ mg/l} = 2.5 \text{ kg/m}^3$
  - BOD =  $154 \text{ mg/l} = 1.54 \text{ kg/m}^3$
  - COD =  $250 \text{ mg/l} = 2.5 \text{ kg/m}^3$

##### TSS

*Total Suspended Solid* (TSS) merupakan material organik yang tersuspensi dimana tidak terjadi pengolahan secara biologis melainkan hanya mengalami pengendapan. Oleh karena itu, TSS diperkirakan akan mengendap pada unit *settler* dengan efisiensi removal sebesar 80%.

- $M_{\text{TSS inlet}} = \text{TSS} \times Q_{\text{peak}}$   
 =  $2.5 \text{ kg/m}^3 \times 696.96 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 =  $1742.40 \text{ kg/hari}$
- $M_{\text{TSS removal}} = 2 \times \text{removal BOD}$   
 =  $2 \times 26\% = 52\%$   
 =  $M_{\text{TSS}} \times 52\%$   
 =  $1742.40 \text{ kg/hari} \times 0.52$   
 =  $906.05 \text{ kg/hari}$
- $M_{\text{TSS BP1}} = M_{\text{TSS inlet}} - M_{\text{TSS removal}}$   
 =  $1742.40 \text{ kg/hari} - 906.05 \text{ kg/hari}$   
 =  $836.35 \text{ kg/hari}$
- TSSc in =  $250 \text{ mg/l}$
- TSSc removal = TSSc in  $\times 52\%$   
 =  $250 \text{ mg/l} \times 52\%$   
 =  $130 \text{ mg/l}$
- TSSc out = TSSc in – TSSc removal

$$= 250 \text{ mg/l} - 130 \text{ mg/l}$$

$$= 120 \text{ mg/l}$$

### BOD

- $M_{\text{BOD inlet}}$  =  $\text{BOD} \times Q_{\text{peak}}$   
 $= 1.54 \text{ kg/m}^3 \times 696.96 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 $= 1073.32 \text{ kg/hari}$
- $M_{\text{BOD removal}}$  = 26%  
 $= M_{\text{BOD}} \times 26\%$   
 $= 1073.32 \text{ kg/hari} \times 0.26$   
 $= 279.06 \text{ kg/hari}$
- $M_{\text{BOD BP1}}$  =  $M_{\text{BOD inlet}} - M_{\text{BOD removal}}$   
 $= 1073.32 \text{ kg/hari} - 279.06$   
 $\text{kg/hari}$   
 $= 794.26 \text{ kg/hari}$
- BODc in = 154 mg/l
- BODc removal = BODc in x 26%  
 $= 154 \text{ mg/l} \times 26\%$   
 $= 40.04 \text{ mg/l}$
- BODc out = BODc in - BODc removal  
 $= 154 \text{ mg/l} - 40.04 \text{ mg/l}$   
 $= 113.96 \text{ mg/l}$

### COD

- $M_{\text{COD inlet}}$  =  $\text{COD} \times Q_{\text{peak}}$   
 $= 2.5 \text{ kg/m}^3 \times 696.96 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 $= 1742.40 \text{ kg/hari}$
- $M_{\text{COD removal}}$  = 25%  
 $= M_{\text{COD}} \times 25\%$   
 $= 1742.40 \text{ kg/hari} \times 0.25$   
 $= 435.60 \text{ kg/hari}$
- $M_{\text{COD BP1}}$  =  $M_{\text{COD inlet}} - M_{\text{COD removal}}$   
 $= 1742.40 \text{ kg/hari} - 435.60 \text{ kg/hari}$   
 $= 1306.80 \text{ kg/hari}$
- CODc in = 250 mg/l
- CODc removal = CODc in x 25%  
 $= 250 \text{ mg/l} \times 25\%$   
 $= 62.5 \text{ mg/l}$



- $\text{CODc out} = \text{CODc in} - \text{CODc removal}$   
 $= 250 \text{ mg/l} - 62.5 \text{ mg/l}$   
 $= 187.5 \text{ mg/l}$

### Baffle

Efisiensi removal dari baffle reaktor = 76%

### BOD

- ${}_M\text{BOD inlet} = 794.26 \text{ kg/hari}$
- ${}_M\text{BOD removal} = 76\%$   
 $= {}_M\text{BOD} \times 76\%$   
 $= 794.26 \text{ kg/hari} \times 0.76$   
 $= 603.63 \text{ kg/hari}$
- ${}_M\text{BOD ABR} = {}_M\text{BOD inlet} - {}_M\text{BOD removal}$   
 $= 794.26 \text{ kg/hari} - 603.63 \text{ kg/hari}$   
 $= 190.62 \text{ kg/hari}$
- $\text{BODc in} = 113.96 \text{ mg/l}$
- $\text{BODc removal} = \text{BODc in} \times 76\%$   
 $= 113.96 \text{ mg/l} \times 76\%$   
 $= 86.61 \text{ mg/l}$
- $\text{BODc out} = \text{BODc in} - \text{BODc removal}$   
 $= 113.96 \text{ mg/l} - 86.61 \text{ mg/l}$   
 $= 27.35 \text{ mg/l}$

### COD

- ${}_M\text{COD inlet} = 1306.80 \text{ kg/hari}$
- ${}_M\text{COD removal} = 76\%$   
 $= {}_M\text{COD} \times 76\%$   
 $= 1306.80 \text{ kg/hari} \times 0.76$   
 $= 993.17 \text{ kg/hari}$
- ${}_M\text{COD ABR} = {}_M\text{COD inlet} - {}_M\text{COD removal}$   
 $= 1306.80 \text{ kg/hari} - 993.17 \text{ kg/hari}$   
 $= 313.63 \text{ kg/hari}$
- $\text{CODc in} = 187.5 \text{ mg/l}$
- $\text{CODc removal} = \text{CODc in} \times 76\%$   
 $= 187.5 \text{ mg/l} \times 76\%$   
 $= 142.5 \text{ mg/l}$
- $\text{CODc out} = \text{CODc in} - \text{CODc removal}$   
 $= 187.5 \text{ mg/l} - 142.5 \text{ mg/l}$

$$= 45 \text{ mg/l}$$

### 6.2.5 Produksi Lumpur

- Data Perhitungan:

$$Y = 0.4 - 0.6 \text{ g biomass /g substrat}$$

$$= 0.4 \text{ g/g}$$

$$K_d = 0.06/ \text{ hari}$$

$$\theta_c = 3 - 15 \text{ hari}$$

$$= 3 \text{ hari)}$$

$$VSS = 8000 - 12000 \text{ g MLSS/m}^3$$

$$= 8000 \text{ g MLSS/m}^3$$

$$MLVSS = 80\% \text{ MLSS}$$

$$= 80\% \times 8000 \text{ g MLSS/m}^3$$

$$= 6400 \text{ g MLSS/m}^3$$

$$S_o \text{ (BOD)} = 154 \text{ mg/l}$$

$$S_e \text{ (BODef)} = 27.35 \text{ mg/l}$$

$$Y_{obs} = \left( \frac{Y}{1 + K_d \cdot \theta_d} \right)$$

$$= \left( \frac{0.4 \text{ g/g}}{1 + 0.06/\text{hari} \times 3 \text{ hari}} \right)$$

$$= 0.34$$

$$P_x = Y_{obs} \times Q \times (S_o - S_e)$$

$$= 0.34 \times 696.96 \text{ m}^3/\text{hari} \times (154 - 27.35)$$

$$\text{mg/l}$$

$$= 30011.79 \text{ g MLVSS/hari}$$

$$P_x = \left( \frac{P_x}{0.8} \right)$$

$$= \left( \frac{30011.79}{0.8} \right)$$

$$= 37514.74 \text{ g MLVSS/hari}$$

$$Q_{\text{lumpur}} = \left( \frac{P_x}{VSS} \right)$$

$$= \left( \frac{37514.74 \text{ g MLVSS/hari}}{8000 \text{ g MLSS/hari}} \right)$$

$$= 4.69 \text{ l/hari}$$

- Data Perhitungan TSS

$$\% \text{Solid} = 1\%$$

$$= 10 \text{ kg/m}^3$$

$$Q \text{ lumpur} = \left( \frac{\text{MTSS removal}}{\% \text{ solid}} \right)$$

$$= \left( \frac{906.05 \text{ kg/hari}}{10 \text{ kg/m}^3} \right)$$

$$= 90.61 \text{ m}^3/\text{hari}$$

## 6.2.6 Produksi Biogas

Menurut Sasse (1998), sebesar 70% dari total gas yang terbentuk dari COD merupakan  $\text{CH}_4$  dan 30% merupakan  $\text{CO}_2$ . Setiap kg COD yang teremoval akan menghasilkan 350 liter gas  $\text{CH}_4$  dan 50% dari gas  $\text{CH}_4$  yang terbentuk akan terlarut kembali. Berikut perhitungan gas metana yang terbentuk dari removal COD:

$$\begin{aligned} \text{CH}_4 &= (\text{CODc in} - \text{CODc out}) \times Q \times (0.35/1000) / (0.7 \times 0.5) \\ &= (250 - 45) \text{ mg/l} \times 696.96 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.35/1000) / (0.7 \times 0.5) \\ &= 133.35 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Sedangkan menurut Paulustathis dan Giraldo (1991), 40% TSS akan tetap dalam fase lumpur dan mengendap, 25% TSS akan terkonversi menjadi metana dalam bentuk gas dan 30% akan keluar reaktor bersama effluen.

$$\begin{aligned} \text{Gas} &= (\text{TSSc in} - \text{TSSc out}) \times Q \times (0.25/1000) \\ &= (250 - 120) \text{ mg/l} \times 696.96 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0.25/1000) \\ &= 22.65 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 6. 5 Perhitungan Dimensi ABR

General spread sheet for baffled septic tank with integrated <i>settler</i>										
Q Peak	Time Of most waste water flow	Q Peak	CODin	BODin	COD/BOD Ratio	Settleable SS/COD ratio	Suhu Rata-Rata	desludging Interval	HRT in <i>Settler</i>	COD removal rate
peak	given	max	given	given	calcul	given	given	chosen	chosen	calcul
m <sup>3</sup> /hari	Jam	m <sup>3</sup> /Jam	mg/l	mg/l	Ratio	mg/l	°C	Bulan	Jam	%
696.96	24	29.04	250	154	1.62	0.42	28	24	2	25%
Treatment Data										
BOD <sub>5</sub> removal rate in <i>settler</i>	Inflow into baffled reactor		COD/BOD <sub>5</sub> ratio after <i>settler</i>	factors to calculate COD removal rate of baffled reactor			COD rem. 25, COD 1500	theor. Rem rate acc to factors	COD rem. Rate baffle only	COD out
calcul.	COD	BOD <sub>5</sub>	calcul.	calculated according to graph				calcul.	calcul.	calcul.
%	mg/l	mg/l	mg/l/mg/l	f-overload	f-strength	f-temp	f-HRT	%	%	mg/l
26%	189	114.006	1.656	1	0.681	1.03	108%	0.758	76%	45.718
1.06	karena k<0.5									1.057873

Tabel 6. 5 Perhitungan Dimensi ABR

dimensions of settler								baffled septic tank		
Total COD rem. Rate	Total BOD <sub>5</sub> rem. Rate	BOD <sub>5</sub> Out	inner masonry measurements chosen acc. to required volume chosen acc. to required volume		sludge accum. Rate	length of settler	length of settler	max upflow velocity	number of upflow chambers	depth at outlet
calcul.	calcul.	calcul.	width	depth	calcul.	calcul.	Chosen	Chosen	Chosen	Chosen
%	%	mg/l	m	m	l/g COD	m	m	m/h	no.	m
82%	86%	21	10.00	3	0.0033	4.2	5.0	2	6	3
								1.4-2 m/h		
dimensions of baffled septic tank								status and go		
length of chambers should not exceed half depth half depth		area of single upflow chamber	width of chambers		actual upflow velocity	width of downflow shaft	actual volume of baffled reactor	actual total HRT	org. load (BOD5)	biogas (ass: CH4 70%; 50% dissolved)
calcul.	chosen	calcul.	calcul.	chosen	calcul.	chosen	calcul.	calcul.	calcul.	calcul.
m	m	m2	m	m	m/h	m	m3	h	g/m3d	m3/d
1.50	1.50	14.52	9.68	10.00	1.94	0.25	315.00	10	0.252	142.38

## BAB 7

### **BILL OF QUANTITY DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA**

#### **7.1 Bill Of Quantity**

- IPAL

Perhitungan volume diperlukan untuk mendapatkan biaya yang akan dikeluarkan dalam pembangunan SPAL maupun IPAL. Dari volume tersebut, kemudian dilakukan perkalian dengan harga satuan pokok kerja (HSPK) untuk mendapatkan nilai kebutuhan dalam kegiatan. Berikut ini merupakan perhitungan volume dari masing-masing unit pengolahan yang digunakan:

Sumur Pengumpul	Volume			
Volume Galian	50.2	m3	64.0	m3
Panjang + Tebal beton	5.6	m3	5.9	m3
Lebar + Tebal Beton	2.8	m3	3.1	m3
Kedalaman + Fb + Tebal Beton	3.2	m3	3.5	m3
Volume Beton	13.8	m3		

<i>Bar Screen</i>	Volume			
Volume Galian	1.4	m3	2.9	m3
Panjang + Tebal beton	1.1	m3	1.4	m3
Lebar + Tebal beton	0.9	m3	1.2	m3
Kedalaman + Fb + Tebal beton	1.4	m3	1.7	m3
Volume beton	1.5	m3		

ABR	Volume			
Volume Galian	521.5	m3	594.9	m3
Panjang + tebal	14.9	m3	15.2	m3
Lebar + tebal beton	10.0	m3	10.3	m3
Kedalaman + Fb + Tebal beton	3.5	m3	3.8	m3
Volume Beton	73.4	m3		
Dinding sekat	Volume			
Volume	5.3	m3	1134	m3
Panjang	10.0	m3	60	m3
Lebar	0.2	m3	0.9	m3
Ketinggian	3.5	m3	21	m3

Volume Galian Total	661.8	m3
Sumur Pengumpul	64.0	m3
Bar Screen dan Saluran	2.9	m3
ABR	594.9	m3

NO.	NAMA KEGIATAN	SATUAN	KOEF	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
I.	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				
	1 Pembersihan lapangan "Ringan" dan perataan	m2			
	<b>Upah</b>				
	Mandor	O.H	0.025	119,500	2,987.50
	Pembantu tukang	O.H	0.05	94,400	4,720.00
	<b>JUMLAH</b>				7,708
	2 Pembersihan lapangan "Berat" dan perataan	m2			
	<b>Upah</b>				
	Mandor	O.H	0.05	119,500	5,975.00
	Pembantu tukang	O.H	0.1	94,400	9,440.00
	<b>JUMLAH</b>				15,415



	3	Uitzet dengan theodolit	m2			
		<b>Upah</b>				
		Surveyor geodesi	O.H	0.0067	119,500	800.65
		Pembantu tukang	O.H	0.0133	94,400	1,255.52
		<b>Sewa alat</b>				
		Sewa theodolit	hari	0.0067	329,175	2,205.47
		<b>JUMLAH</b>				4,262

NO.	NAMA KEGIATAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
I.	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				
	1 Pembersihan lapangan "Ringan" dan perataan	m2	20000	7707.50	154,150,000
	2 Pembersihan lapangan "Berat" dan perataan	m2	8000	15415.00	123,320,000
	3 Uitzet dengan theodolit	m2	600	4261.64	2,556,986
<b>JUMLAH</b>					280,026,986
<b>JUMLAH BIAYA PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					<b>280,026,000</b>

NO.	NAMA KEGIATAN	SATUAN	KOEF	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
I.	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				
	1 Penggalian tanah dengan alat berat	m3			
	<b>Upah</b>				
	Mandor	O.H	0.007	119,500	837
	Pembantu tukang	O.H	0.226	94,400	21,334
	<b>Sewa peralatan</b>				
	Sewa excavator 6 m3	jam	0.067	123,500.00	8,275
	<b>JUMLAH</b>				30,445.40
II.	<b>PENGECORAN LANTAI KERJA</b>				
	1 Pekerjaan beton K-200	m3			
	<b>Upah</b>				
	Mandor	O.H	0.083	119,500	9,919
	Kepala tukang batu	O.H	0.028	104,400	2,923

	Tukang batu		O.H	0.275	99,400	27,335
	Pembantu tukang		O.H	1.65	94,400	155,760
	<b>Bahan</b>					
	Semen portland 40 kg		Zak	8.8	52,300	460,240
	Pasirbeton		m3	0.4569	159,500	72,876
	Batu pecah mesin 1/2 cm		m3	0.5426	286,000	155,184
	Air (Biaya air tawar)		Liter	215	13,000	2,795,000
	<b>JUMLAH</b>					3,679,235.85
<b>III.</b>	<b>PEKERJAAN BETON BERTULANG</b>					
	1	Pekerjaan dinding beton bertulang 200 kg + bekisting	m3			
	<b>Upah</b>					
		Mandor	O.H	0.283	119,500	33,819
		Kepala tukang besi	O.H	0.323	104,400	33,721
		Tukang besi	O.H	1.4	99,400	139,160

	Tukang batu		O.H	0.275	99,400	27,335
	Tukang kayu		O.H	1.56	99,400	155,064
	Pembantu tukang		O.H	5.65	94,400	533,360
	<b>Bahan</b>					
	Semen portland 40 kg		Zak	8.4	52,300	439,320
	Pasir beton		m3	0.54	159,500	86,130
	Batu pecah mesin 1/2 cm		m3	0.81	286,000	231,660
	Besi beton Ø 6 mm		kg	210	9,100	1,911,000
	Kawat beton		kg	3	23,000	69,000
	Kayu meranti bekisting		m3	0.25	3,622,500	905,625
	Kayu kamper balok 3/5		m3	0.105	5,635,000	591,675
	Plywood tebal 9 mm		Lembar	2.5	41,000	102,500
	Paku usuk		kg	3	16,500	49,500
	Minyak bekisting		Liter	1.2	6,600	7,920
	<b>JUMLAH</b>					<b>5,316,788.70</b>

NO.	NAMA KEGIATAN		SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL HARGA (Rp)
I.	PEKERJAAN PERSIAPAN					
	1	Penggalian tanah dengan alat berat	m3	661.8	30,445.40	20,148,765.72
II.	PENGECORAN LANTAI KERJA					
	1	Pekerjaan beton K-200	m3	661.8	3,679,235.85	2,434,918,285.53
III.	PEKERJAAN BETON BERTULANG					
	1	Pekerjaan dinding beton bertulang	m3	661.8	5,316,788.70	3,518,650,761.66
		200 kg + bekisting				
JUMLAH						5,973,717,812.91
JUMLAH BIAYA PEMBANGUNAN						5,973,717,000.00
NO.	U R A I A N		SATUAN	KOEF	HARGA SATUAN ( Rp )	JUMLAH HARGA ( Rp )
I	PEKERJAAN PERSIAPAN					
	1	Penggalian tanah dengan alat berat	m3			
	Upah					
	Mandor		O.H	0.007	119,500.00	836.50
	Pembantu tukang		O.H	0.226	94,400.00	21,334.40

	<b>Sewa peralatan</b>				
	Sewa excavator 6 m3	jam	0.067	123,500.00	8,274.50
	<b>JUMLAH</b>				30,445.40
	2 Pengurugan tanah dengan pemadatan menggunakan alat berat	m3			
	<b>Upah</b>				
	Mandor	O.H	0.021	119,500.00	2,509.50
	Pembantu tukang	O.H	0.25	94,400.00	23,600.00
	<b>Sewaperalatan</b>				
	Sewa excavator 6 m3	jam	0.022	123,500.00	2,717.00
	Sewa motor grader 125-140 Pk (min 5 jam)	jam	0.008	261,250.00	2,090.00
	Sewa pneumatic tire roller (min 5 jam)	jam	0.004	209,000.00	836.00
	Sewa truck tangki air (min 5 jam)	jam	0.012	470,250.00	5,643.00
	Sewa vibrator roller (min 5 jam)	jam	0.012	128,250.00	1,539.00
	<b>JUMLAH</b>				38,934.50
<b>II</b>	<b>PEMASANGAN PIPA DAN ASESORIS</b>				
	1 Pemasangan pipa Ø 100 mm	m			
	<b>Upah</b>				
	Mandor	O.H	0.1	55,650.00	5,565.00
	Pekerja	O.H	0.3	38,690.00	11,607.00
	Tukang Pasang Pipa	O.H	0.2	47,700.00	9,540.00
	Peralatan	ls	1	35,000.00	35,000.00

	<b>Pengadaan Pipa dan asesoris</b>					
	Pipa steel Ø 100 mm			m	0.2	802,746.82      160,549.36
	All Flange Tee Y CI DN 6 x 6 x 6"			Buah	0.07	1,901,075.88      133,075.31
	Gate valve all flange CI DN 6"			Buah	0.07	5,315,625.00      372,093.75
	All Flange Bend CI DN 6" x 45°			Buah	0.07	3,913,979.00      273,978.53
	<b>JUMLAH</b>					1,001,408.96
	2 Pemasangan pipaØ 150 mm			m		
	<b>Upah</b>					
	Mandor			O.H	0.1	55,650.00      5,565.00
	Pekerja			O.H	0.3	38,690.00      11,607.00
	Tukang Pasang Pipa			O.H	0.2	47,700.00      9,540.00
	Peralatan			O.H	1	35,000.00      35,000.00
	<b>Pengadaan Pipa dan asesoris</b>					
	Pipa steel Ø 150 mm			m	0.2	802,746.82      160,549.36
	All Flange Tee Y CI DN 6 x 6 x 6"			Buah	0.07	1,901,075.88      133,075.31
	Gate valve all flange CI DN 6"			Buah	0.07	5,315,625.00      372,093.75
	All Flange Bend CI DN 6" x 45°			Buah	0.07	3,913,979.00      273,978.53
	<b>JUMLAH</b>					1,001,408.96
	3 Pemasangan pipaØ 200 mm			m		
	<b>Upah</b>					
	Mandor			O.H	0.0041	119,500.00      489.95



		Kepala tukang batu	O.H	0.0135	104,400.00	1,409.40
		Tukang pipa	O.H	0.135	99,400.00	13,419.00
		Pembantu tukang	O.H	0.081	94,400.00	7,646.40
		<b>Pengadaan Pipa dan asesoris</b>				
		Pipa steel Ø 150 mm	m	0.2	802,746.82	160,549.36
		Gate valve all flange CI DN 6"	Buah	0.07	5,315,625.00	372,093.75
		All Flange Bend CI DN 6" x 45°	Buah	0.07	3,913,979.00	273,978.53
		<b>JUMLAH</b>				829,586.39

## 7.2 Rencana Anggaran Biaya

Merupakan total biaya yang diperkirakan untuk membangun SPAL dan IPAL yang direncanakan. Adapun jumlah biaya yang diperlukan adalah sebagai berikut:

No.	U R A I A N	JUMLAH HARGA (Rp.)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp280,026,000.00
II	PEKERJAAN PEMBANGUNAN IPAL	Rp5,973,717,000.00
III	PEKERJAAN PEMASANGAN PIPA	Rp654,524,000.00
JUMLAH		Rp6,908,267,000.00
JUMLAH (DALAM PEMBULATAN)		<b>Rp 6,908,267,000.00</b>

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

## BAB 8

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 8.1 Kesimpulan

Kesimpulan tugas akhir “Perencanaan Pengelolaan Limbah Domestik di Kelurahan Keputih Surabaya” adalah sebagai berikut:

1. Kuantitas dan kualitas air limbah domestik di Kelurahan Keputih adalah:

- a. Debit total air limbah daerah perencanaan sebesar:

$$\text{RW 1} = 0.0242 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kelurahan Keputih} = 0.2491 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- b. Kualitas air limbah yang digunakan berasal dari air limbah campuran *black water* dan *grey water* sebagai berikut:

$$\text{Ph} = 7.15$$

$$\text{TSS} = 250 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD} = 154 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD} = 250 \text{ mg/l}$$

$$\text{Minyak dan lemak} = 30$$

$$\text{Total Koliform} = 12 \times 10^8$$

Sedangkan kualitas air limbah setelah mengalami proses pengolahan ABR, diperkirakan seperti berikut:

$$\text{TSS} = 120 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD} = 27.35 \text{ mg/l}$$

$$\text{COD} = 45 \text{ mg/l}$$

2. Sistem penyaluran air limbah yang direncanakan merupakan sistem penyaluran daerah pelayanan RW 1. Sistem yang digunakan merupakan sistem terpisah dengan masing-masing diameter sebagai berikut:

- Pipa Primer = 600 mm

$$\text{Jumlah manhole} = 28 \text{ buah}$$

- Pipa Sekunder
  - Jalur 1-2 = 200 mm
  - Jumlah *manhole* = 5 buah
  - Jalur 3 – 7 = 200 mm
  - Jumlah *manhole* = 5 buah
- Pipa Tersier
  - Blok A
    - Jalur A – B = 100 mm
    - Jumlah *manhole* = 2
    - Jalur C – D = 100 mm
    - Jumlah *manhole* = 2
    - Jalur E – F = 100 mm
    - Jumlah *manhole* = 3 buah
    - Jalur G – H = 150 mm
    - Jumlah *manhole* = 2 buah
  - Blok B
    - Jalur I – 4 = 100 mm
    - Jumlah *manhole* = 2
    - Jalur J – K = 100 mm
    - Jumlah *manhole* = 2
    - Jalur K – 5 = 100 mm
    - Jumlah *manhole* = 1 buah
    - Jalur K – 6 = 150 mm
    - Jumlah *manhole* = 2 buah

3. Instalasi pengolahan air limbah yang terpilih untuk digunakan adalah *bar screen*, sumur pengumpul dan *anaerobic baffled reactor* yang memiliki dimensi sebagai berikut:
  - a. Sumur pengumpul
    - Panjang = 2.8 meter
    - Lebar = 1.4 meter
    - Kedalaman = 3.2 meter
  - b. ABR
    - Panjang *settler* = 5 meter
    - Lebar *settler* = 10 meter

- Kedalaman ABR= 3 meter
  - Panjang ABR = 1.5 meter
  - Lebar ABR = 10 meter
4. Total biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan SPAL dan IPAL di Kelurahan Keputih RW 1 adalah sebesar Rp 6,908,267,000.

## **8.2 Saran**

Saran yang diberikan untuk perbaikan tugas akhir ini adalah:

1. Penggunaan kebutuhan air bersih setiap orang hendaknya merupakan data *time series* sehingga dapat terlihat kebutuhan air bersih yang lebih aktual.
2. Penentuan kualitas air limbah hendaknya dilakukan dengan beberapa titik sampling pada *point sources* sehingga data yang didapatkan representative dengan daerah perencanaan.
3. Penggunaan ABR tidak sesuai untuk skala besar karena nilainya menjadi tidak ekonomis dan apabila digunakan untuk skala besar harus dibutuhkan dengan jumlah yang banyak agar memenuhi kriteria perencanaan dan baku mutu effluen.

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

## Standar Operasional Prosedur (SOP)

### a. Perawatan Sambungan Rumah

#### ◆ *Private Box Toilet*

1. Pada penggelontoran kakus digunakan pemakaian air untuk menggelontor sebesar 10 liter agar kotoran tinja tidak ada yang menyangkut ataupun tertempel pada pipa yang dapat menyebabkan penyumbatan.
2. Tidak membuang sampah seperti, tisu dan pembalut wanita, kedalam kakus karena dapat menyebabkan penyumbatan.
3. Melakukan pengecekan secara rutin terhadap *private box* setiap 1 minggu sekali dan membersihkan dari sampah yang ikut masuk kedalam saluran.
4. Jangan membuang bahan kimia ke dalam kloset karena dapat mematikan bakteri

#### ◆ *Private Box non Toilet*

1. Pada saat mencuci piring, pisahkan sampah makanan yang tersisa.
2. Apabila makanan berlemak dan berminyak, lakukan penyaringan terhadap sampah tersebut karena lemak dan minyak dapat menyebabkan kerak pada saluran yang dapat menyumbat saluran.
3. Lakukan pengecekan secara rutin pada *private box* setiap 1 minggu sekali.

#### ◆ *Saluran House Inlet*

1. Elevasi *house inlet* lebih tinggi dari permukaan tanah untuk menghindari terjadinya infiltrasi air hujan.
2. Bersihkan secara rutin house inlet setiap seminggu sekali. Bersihkan bagian bawah tutup house inlet dari pasir dan sampah yang masuk.



3. Tidak diperbolehkan membuka *house inlet* pada saat musim hujan dengan alasan untuk mengurangi genangan air pada rumah karena hal tersebut dapat menyebabkan penambahan debit yang sangat besar pada saluran air limbah.
4. Meminta petugas melakukan pengecekan dan pembersihan secara rutin pada titik-titik yang berpotensi tersumbat pada *inspection chamber*. Utamanya pada daerah yang terdapat warung makan ataupun restoran karena fasilitas tersebut pasti menghasilkan lemak dan minyak dalam jumlah yang besar.

b. Perawatan Saluran Perpipaan

◆ Pipa Primer

Saluran pipa primer yang tersumbat dapat diatasi dengan menggunakan:

1. *Water jet cleaner* merupakan armada dilengkapi dengan tangki air dan pompa bertekanan tinggi sebesar 70 -100 kg/cm<sup>2</sup> yang dikeluarkan melalui *nozzle*. Armada ini digunakan untuk mendorong kotoran pada saluran yang tersumbat sehingga aliran bisa kembali berjalan lancar.
2. *Vacuum truck* merupakan armada yang digunakan untuk menghisap sludge yang ada pada saluran atau dapat juga berfungsi sebagai armada yang melakukan *flushing*.

◆ Pipa Sekunder

Saluran pada pipa sekunder yang tersumbat dapat diatasi dengan menggunakan:

1. Secara manual dapat menggunakan pipa bamboo sikat kawat yang langsung

dimasukkan kedalam *inspection chamber* ataupun *house inlet* yang tersumbat.

2. Menggunakan *rodding* spiral maupun *stick* untuk mengambil sampah yang ada pada saluran melewati bak kontrol maupun lubang inspeksi. Cara kerja mesin ini adalah diputar dengan dengan *handle* setelah dimasukkan jenis *rod* dan bergerak maju mundur.

c. Instalasi Pengolahan Air Limbah

1. Bersihkan manhole setiap 1 bulan sekali dari sampah dan pasir.
2. Kuras bak pengendap pertama dan *chamber* bila dirasa bak telah penuh dengan lumpur. Gunakan alat bantu seperti tongkat untuk mengetahui ketinggian lumpur.
3. Telepon truk penguras tinja untuk menyedot lumpur pada bak pengendap maupun *chamber*.
4. Himbau petugas untuk menyedot lumpur yang berwarna hitam saja. Apabila lumpur yang disedot telah mencapai warna coklat, maka harus dihentikan.
5. Periksa minimal setiap 3 bulan sekali kualitas air limbah pada inlet dan outlet. Apabila hasil kualitas kurang baik, lakukan pengecekan pada bangunan.
6. Pengecekan pada bangunan dapat dilakukan pada pipa inlet, pipa vent ataupun pipa outlet.



Position	Count	Description
	1	<p><b>SL1.30.A30.30.4.61H.C</b></p>  <p>Product photo could vary from the actual product</p> <p>Product No.: <a href="#">98634226</a></p> <p>Non-self-priming, single-stage, centrifugal pump designed for handling wastewater, process water and unscreened raw sewage.</p> <p>The pump is designed for intermittent and continuous operations in submerged installation. The revolutionary S-tube® impeller provides free spherical passage of solids up to 80 mm and is suitable for wastewater with a dry matter content of up to 3 %.</p> <p>A unique stainless-steel clamp assembling system enables quick and easy disassembly of the pump from the motor unit for service and inspection. No special tools are required. Pipework connection is via a ANSI flange.</p> <p><b>Further product details</b></p> <p>Typical application is transfer of liquid, such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- large quantities of drainage and surface water</li> <li>- domestic wastewater with discharge from toilets</li> <li>- wastewater from commercial buildings without discharge from toilets</li> <li>- sludge-containing industrial wastewater.</li> </ul> <p>The pump is ideal for pumping of the above liquids from for instance:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- municipal network pumping stations</li> <li>- public buildings</li> <li>- blocks of flats</li> <li>- factories/industry.</li> </ul> <p>The pump is suitable for both temporary and permanent installation either as free-standing on ring stand or on an auto-coupling system.</p> <p><b>Pump</b></p> <p>The pump housing, motor top and impeller are made of cast iron (EN-GJL-250). All surfaces of the cast iron parts are protected with cathodoresis coating. The surface of the cast iron pump parts is afterwards painted with environmental friendly powder coating (type NCS 9000N (black), gloss code 30, thickness 100 µm) which ensures high impact and corrosion protection. The final pump is assembled from already painted parts which ensures that no rust or scale can be formed in grooves between parts, etc.</p> <p>The S-tube® impeller is providing free spherical passage through the impeller and pump housing and creates a natural extension of the pipework connected to the pump. The S-tube® impeller is a wet-balanced and tube-shaped channel impeller placed in a pump housing that matches the smooth tube shape leaving no obstructions or dead zones.</p> <p>The key to the S-tube® design is simplicity, with no cutting or moving functions that can get worn over time, thereby ensuring constant, superior efficiency. The simple design means lower life cycle costs because abrasive wear is reduced and there are fewer clogging incidents.</p>





The shaft seal consists of two mechanical seals that ensure a reliable sealing between the pumped liquid and motor. The shaft seals are incorporated in a single-unit cartridge seal system that is easy to replace in the field without use of special tools.

The combination of the primary and secondary seals in a cartridge shaft seal system results in a shorter assembly length compared to conventional shaft seals.

- Primary seal: Silicon carbide/silicon carbide (SiC/SiC)
- Secondary seal: Carbon/Ceramics

The shaft seal is bidirectional, meaning it operates correctly in case of backflow through the pump.



The pump is approved according to CSA.

## Motor

The motor is a watertight, totally encapsulated motor supplied with a 10 m power cable. The stainless steel plug is fastened with a union nut. This nut and the O-rings provide sealing against ingress of the liquid.

The plug is polyurethane-embedded, ensuring a watertight and durable seal around the leads of the cable. This prevents the ingress of water into the motor through the cable in case of cable breakage or adverse handling in connection with installation or service.

A compact motor construction with a short shaft reduces vibrations, resulting in an increased efficiency and lifetime of the shaft seal and ball bearings.

The motor features built-in thermal protection to protect the motor against overheating and ensure the reliability.

The pump is equipped with the following sensor(s):

- A digital moisture switch that is fitted in the motor chamber monitors whether water enters the motor chamber. If moisture is detected in the motor chamber, the switch will trip and send a warning to the sensor module.

The pump is designed for speed-controlled operation to keep the energy consumption at a minimum. To avoid the risk of sedimentation in the pipes, we recommend that you operate the speed-controlled pump within a speed range of 30 % to 100 % and at a flow rate above 1 m/s.

## Controls:

Moisture sensor:	with moisture sensors
Water-in-oil sensor:	without water-in-oil sensor

## Liquid:

Pumped liquid:	Water
Maximum liquid temperature:	40 °C
Liquid temp:	20 °C
Density:	998.2 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic viscosity:	1 mm <sup>2</sup> /s





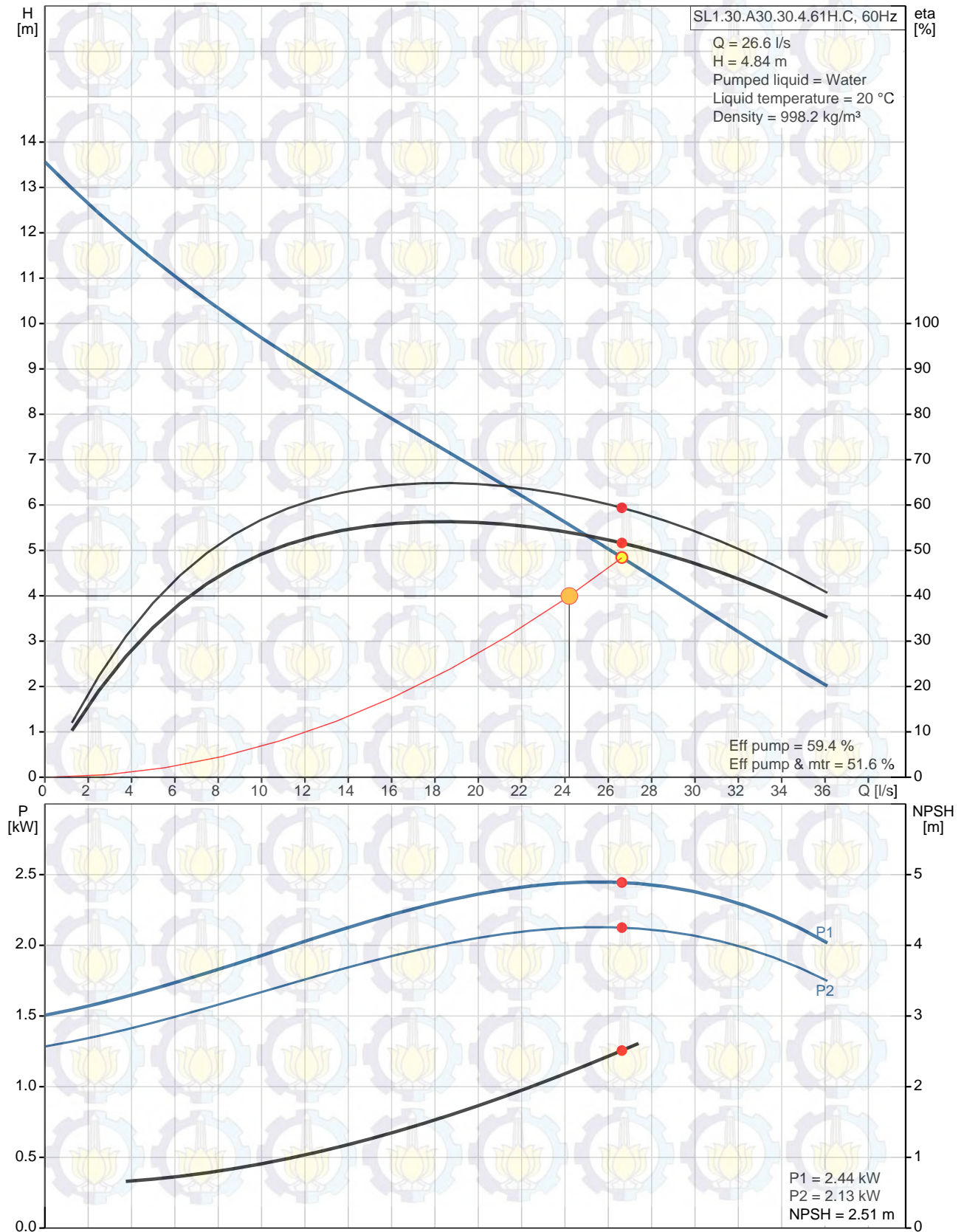
Position	Count	Description
		<b>Technical:</b> Actual calculated flow: 26.6 l/s Resulting head of the pump: 4.85 m Type of impeller: S-tube Maximum particle size: 80 mm Primary shaft seal: SIC/SIC Secondary shaft seal: CARBON/CERAMICS Approvals on nameplate: CSA Curve tolerance: ANSI/HI 11.6:2012 Grade 3B  <b>Materials:</b> Pump housing: Cast iron (EN-GJL-250) EN-GJL-250 Impeller: Cast iron (EN-GJL-250) EN-GJL-250 Motor: Cast iron (EN-GJL-250) EN-GJL-250  <b>Installation:</b> Maximum ambient temperature: 40 °C Flange standard: ANSI Pump inlet: 100 Pump outlet: 80 Pressure stage: PN 10 Maximum installation depth: 20 m Frame range: B  <b>Electrical data:</b> Number of poles: 4 Power input - P1: 2.7 kW Rated power - P2: 2.2 kW Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 3 x 460 V Voltage tolerance: +10/-10 % Start. method: star/delta Max starts per. hour: 20 Rated current: 4.4 A Cos phi - power factor: 0.76 Cos phi - p.f. at 3/4 load: 0.70 Cos phi - p.f. at 1/2 load: 0.59 Rated speed: 1761 rpm Motor efficiency at full load: 87.0 % 87.0 % Motor efficiency at 3/4 load: 86.6 % 86.6 % Motor efficiency at 1/2 load: 84.7 % 84.7 % Enclosure class (IEC 34-5): IP68 Insulation class (IEC 85): H Explosion proof: no Length of cable: 10 m Cable type: SEOOW 600V  <b>Others:</b> Net weight: 109 kg

**GRUNDFOS®**



Company name: -  
Created by: -  
Phone: -  
Fax: -  
Date: -

## 98634226 SL1.30.A30.30.4.61H.C 60 Hz

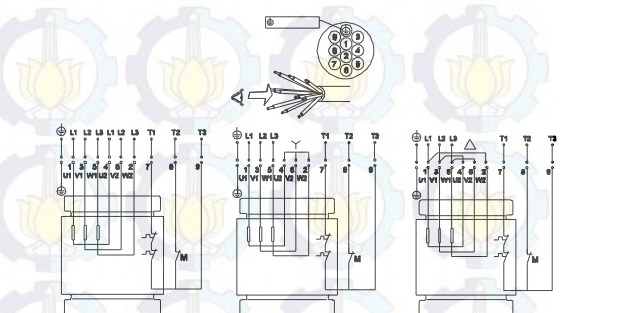
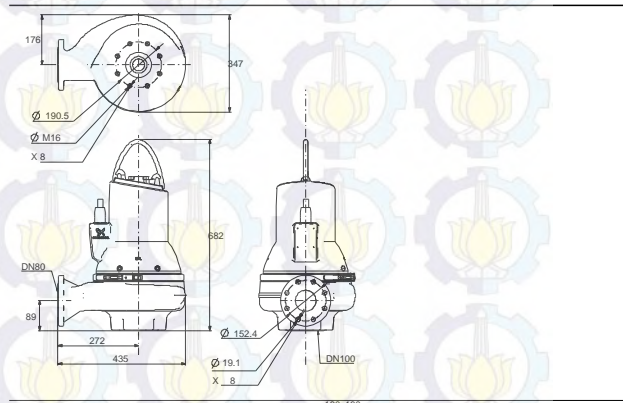
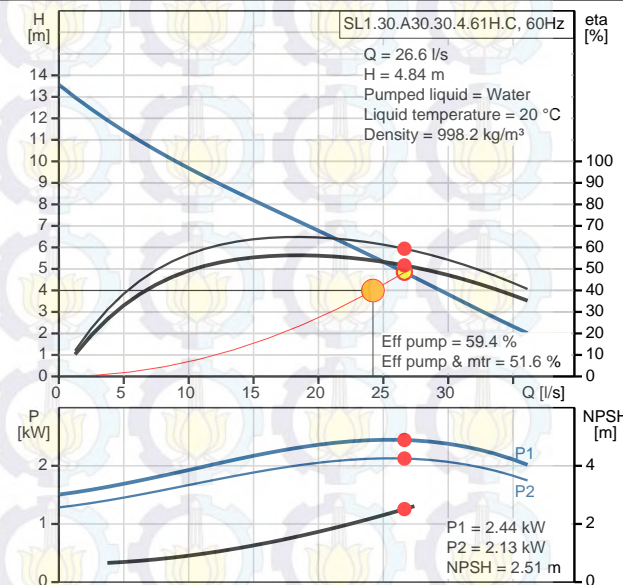






Company name: -  
Created by: -  
Phone: -  
Fax: -  
Date: -

Description	Value
<b>General information:</b>	
Product name:	SL1.30.A30.30.4.61H.C
Position:	
Product No.:	98634226
EAN:	5711498617643
Price:	On request
<b>Technical:</b>	
Max flow:	36.1 l/s
Head max:	13.6 m
Type of impeller:	S-tube
Maximum particle size:	80 mm
Primary shaft seal:	SIC/SIC
Secondary shaft seal:	CARBON/CERAMICS
Approvals on nameplate:	CSA
Curve tolerance:	ANSI/HI 11.6:2012 Grade 3B
<b>Materials:</b>	
Pump housing:	Cast iron (EN-GJL-250)
Impeller:	Cast iron (EN-GJL-250)
Motor:	Cast iron (EN-GJL-250)
<b>Installation:</b>	
Maximum ambient temperature:	40 °C
Flange standard:	ANSI
Pump inlet:	100
Pump outlet:	80
Pressure stage:	PN 10
Maximum installation depth:	20 m
Inst dry/wet:	Submerged
Installation:	VERTICAL
Frame range:	B
<b>Liquid:</b>	
Maximum liquid temperature:	40 °C
Kinematic viscosity:	1 mm²/s
<b>Electrical data:</b>	
Number of poles:	4
Power input - P1:	2.7 kW
Rated power - P2:	2.2 kW
Main frequency:	60 Hz
Rated voltage:	3 x 460 V
Voltage tolerance:	+10/-10 %
Start. method:	star/delta
Max starts per. hour:	20
Rated current:	4.4 A
Cos phi - power factor:	0.76
Cos phi - p.f. at 3/4 load:	0.70
Cos phi - p.f. at 1/2 load:	0.59
Rated speed:	1761 rpm
Motor efficiency at full load:	87.0 %
Motor efficiency at 3/4 load:	86.6 %
Motor efficiency at 1/2 load:	84.7 %
Enclosure class (IEC 34-5):	IP68
Insulation class (IEC 85):	H
Explosion proof:	no





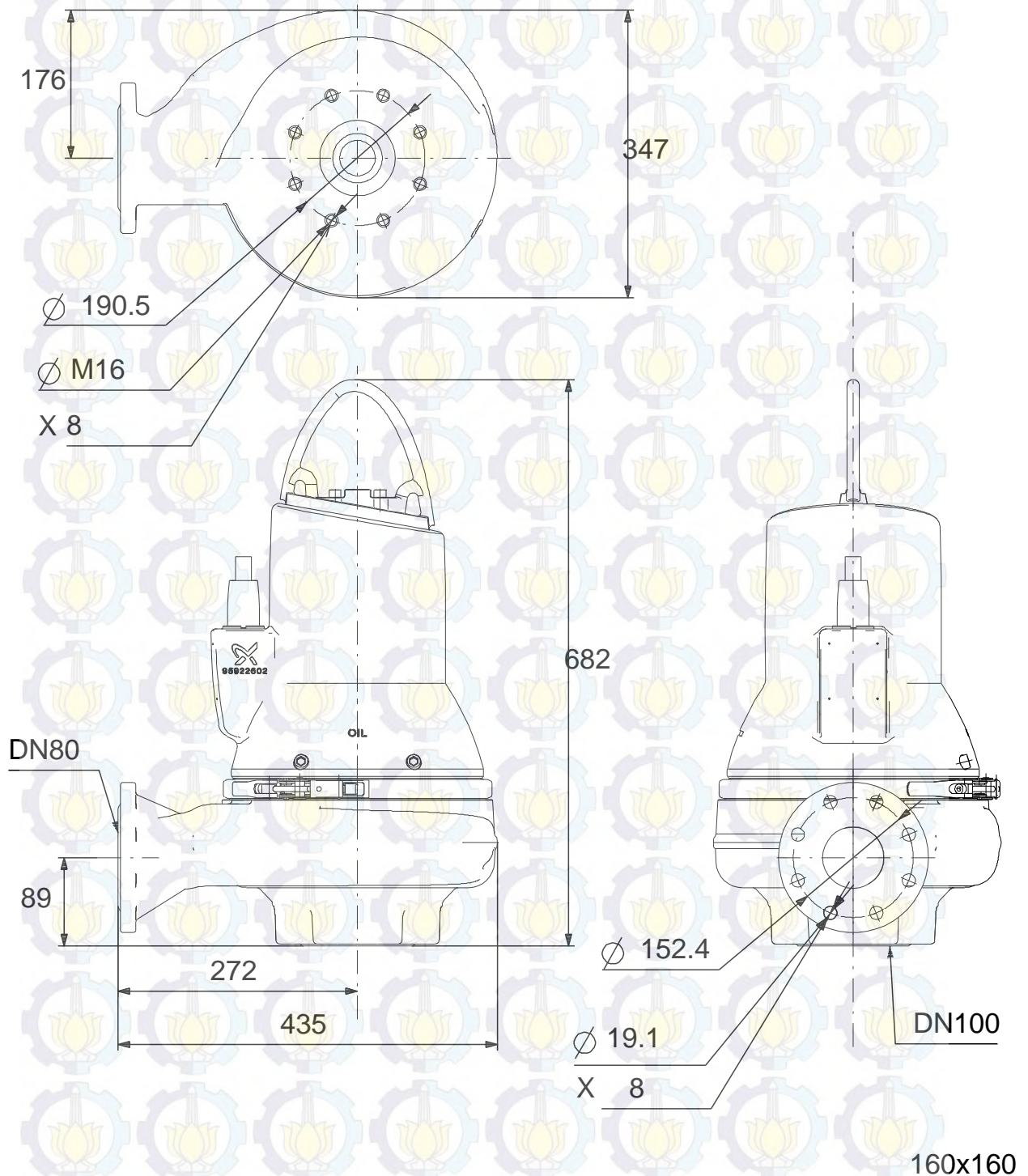
Company name: -  
 Created by: -  
 Phone: -  
 Fax: -  
 Date: -

Description	Value
Motor protection:	THERMAL SWITCH
Length of cable:	10 m
Cable type:	SEOOW 600V
<b>Controls:</b>	
Additional I/O:	N
Moisture sensor:	with moisture sensors
Water-in-oil sensor:	without water-in-oil sensor
<b>Others:</b>	
Net weight:	109 kg



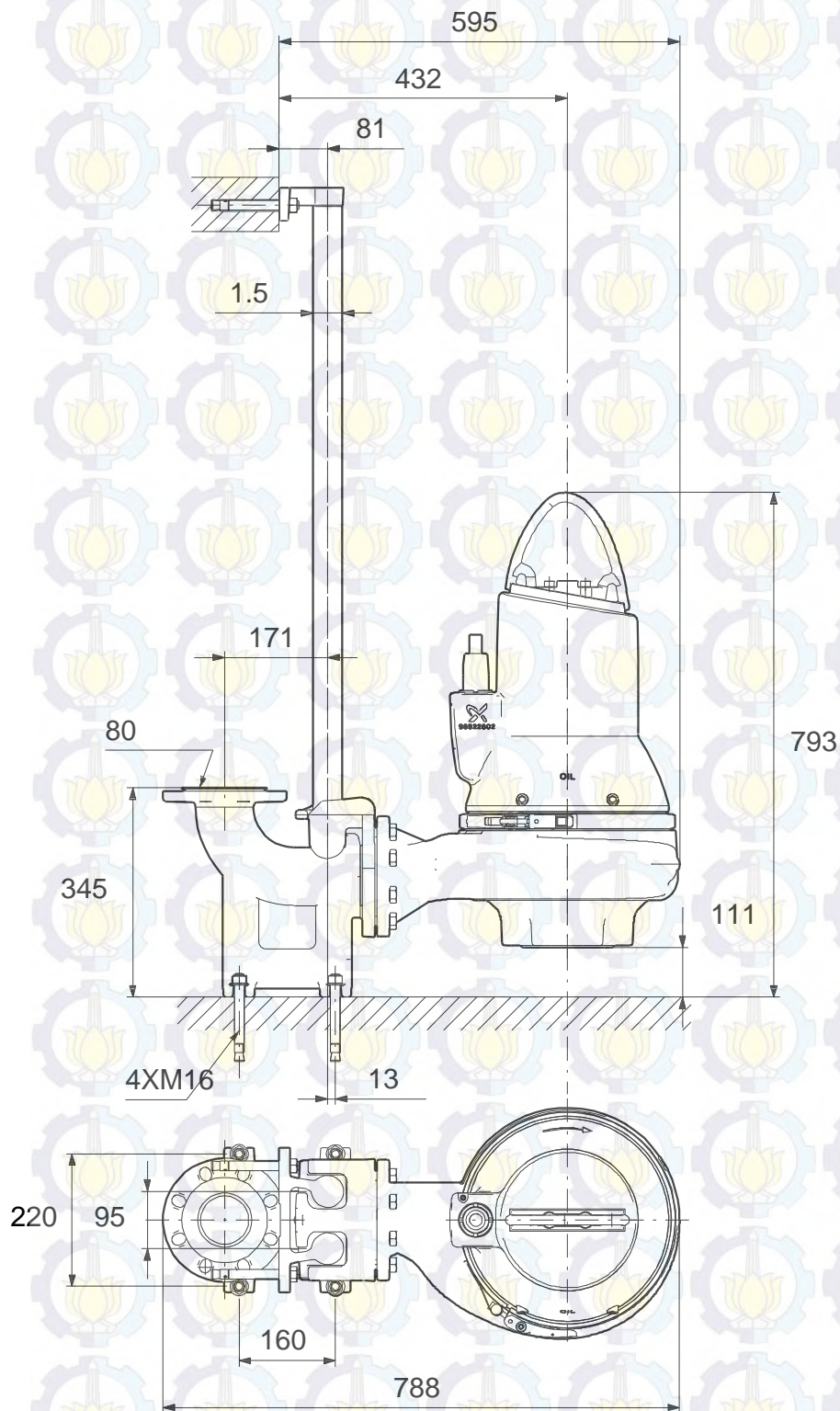


**98634226 SL1.30.A30.30.4.61H.C 60 Hz**



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.  
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.

**98634226 SL1.30.A30.30.4.61H.C 60 Hz**

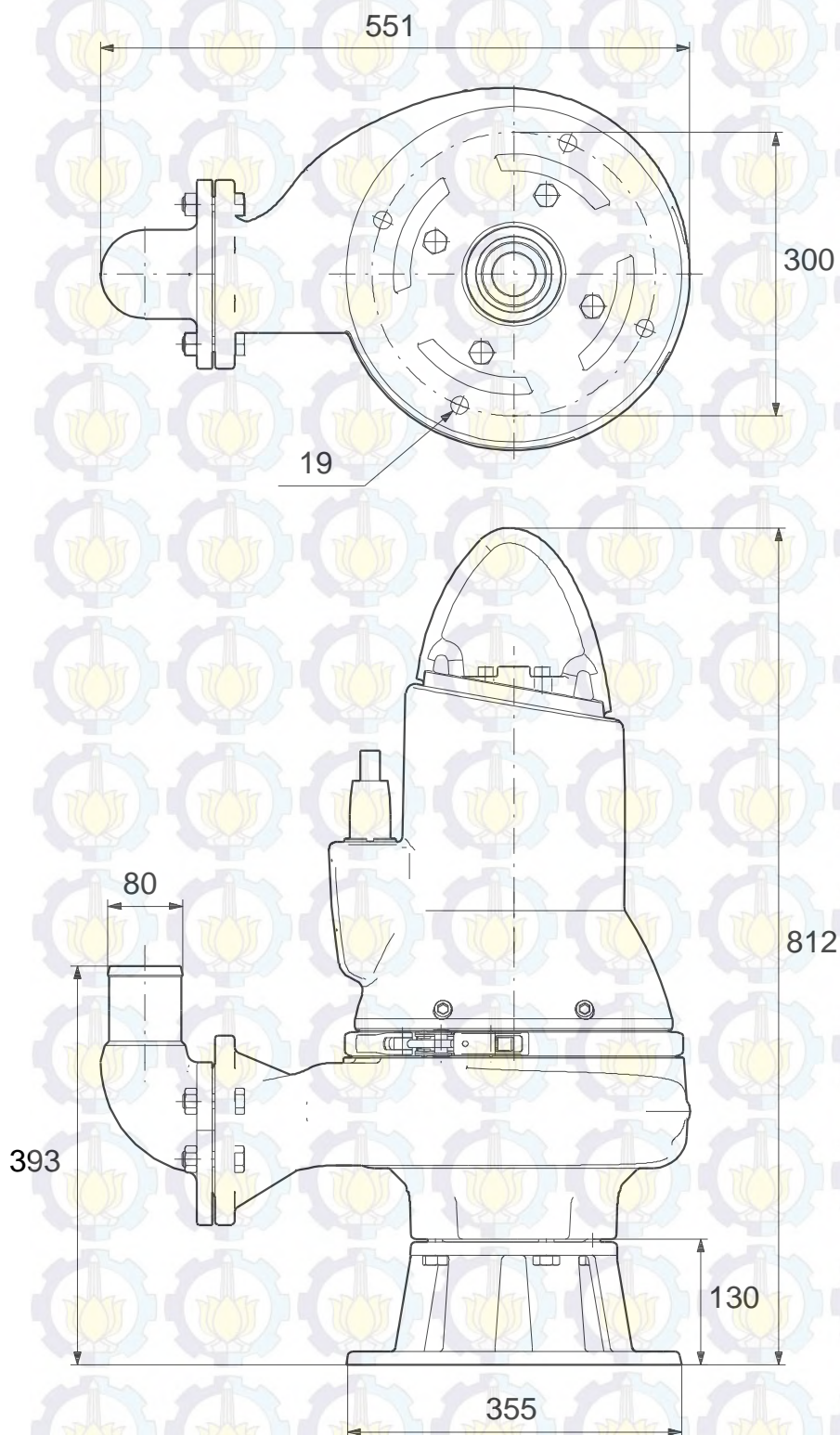


Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.  
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.



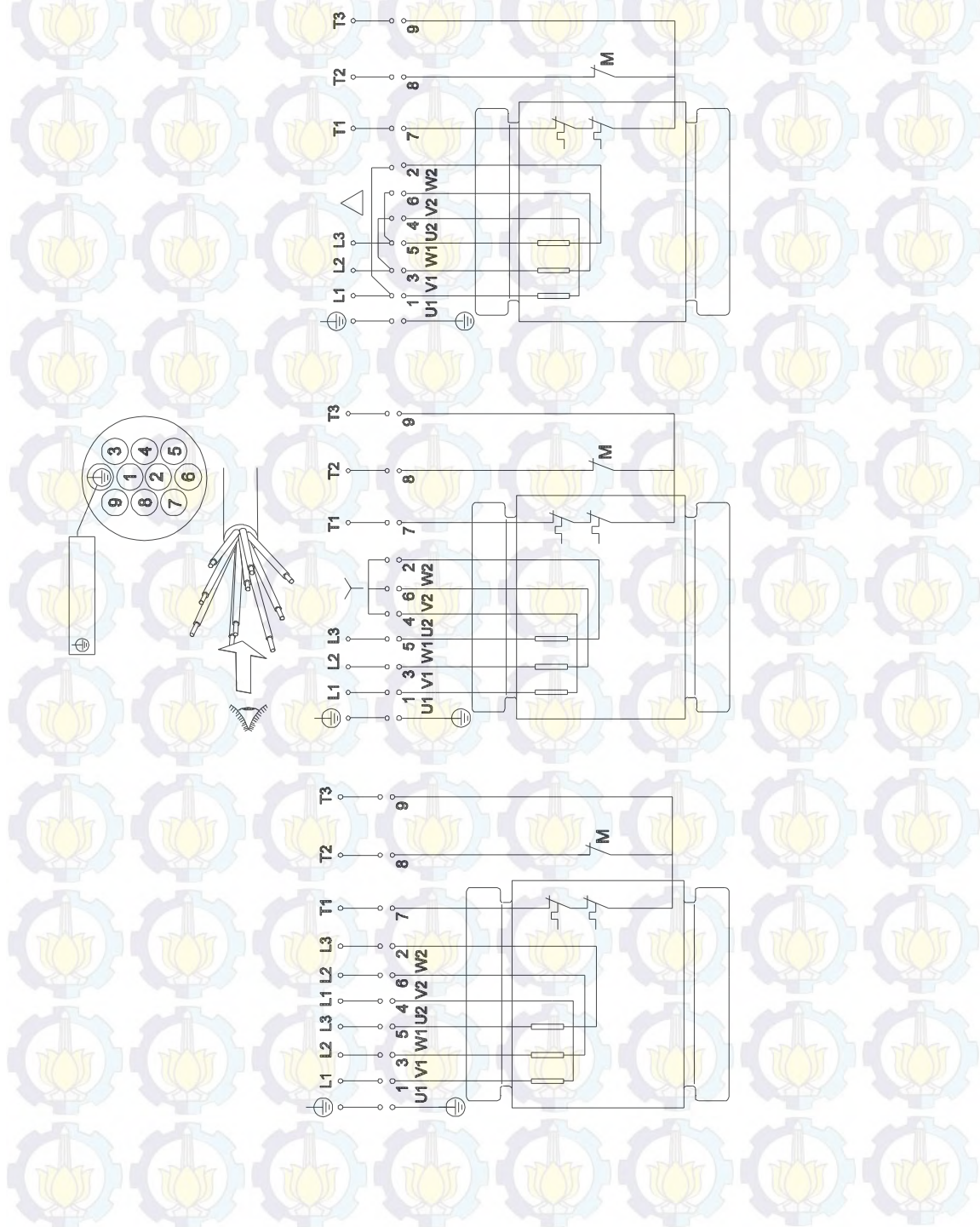


**98634226 SL1.30.A30.30.4.61H.C 60 Hz**



Note! All units are in [mm] unless otherwise stated.  
Disclaimer: This simplified dimensional drawing does not show all details.

**98634226 SL1.30.A30.30.4.61H.C 60 Hz**



All units are [mm] unless otherwise presented.





Company name: -  
Created by: -  
Phone: -  
Fax: -  
Date: -

---

**Order Data:**

Product name: SL1.30.A30.30.4.61H.C  
Amount: 1  
Product No.: 98634226  
Price: On request

Total: Price on request

---

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Buku Putih Sanitasi Kota Surabaya 2010*. 2010. Pemerintah Kota Surabaya: Surabaya
- Badan Lingkungan Hidup Surabaya. 2012. *Laporan Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya Tahun 2012*
- Badan Pusat Statistik Surabaya. 2010. *Kecamatan Sukolilo dalam Angka 2010*
- Badan Pusat Statistik Surabaya. 2011. *Kecamatan Sukolilo dalam Angka 2011*
- Badan Pusat Statistik Surabaya. 2012. *Kecamatan Sukolilo dalam Angka 2012*
- Badan Pusat Statistik Surabaya. 2013. *Kecamatan Sukolilo dalam Angka 2013*
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya. 1996. *Analisis Kebutuhan Air Bersih*. Jakarta
- [fastonline.org/CD3WD\\_40/BIOGSHTM/EN/APPLDEV/DESIGN/DIGESTYPES.HTML](http://fastonline.org/CD3WD_40/BIOGSHTM/EN/APPLDEV/DESIGN/DIGESTYPES.HTML) diakses pada hari Minggu tanggal 28 September 2014 pukul 19.30 WIB
- Gubernur Jawa Timur. 2013. Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur. Surabaya
- <http://lh.surabaya.go.id/web/wh/?c=main&m=lingperkotaan> diakses pada hari Jum'at tanggal 5 September 2014 pukul 09.00 WIB
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2013. *Materi Bidang Air Limbah I Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP*
- MacDonald, Mott. 2011. *Final Master Plan Rencana Induk Investasi Air Limbah Paket I Surabaya*. Jakarta
- Metcalf & Eddy. 1981. *Wastewater Engineering Collection and Pumping of Wastewater*. Mc Graw Hill: New York

Metcalf & Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse Fourth Edition*. Mc Graw Hill: New York

Kelurahan Keputih. 2014. *Monografi Kelurahan Keputih Bulan April-Juni 2014*

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Undang-undang No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*

Puskesmas Keputih. 2014

Sasse, Ludwig. 1998. *DEWATS Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA: Berman

Soedjono, Eddy S., Wibowo Teguh., Saraswati, Sarityastuti S., Keetelar, Cees. 2010. *Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi*. TTPS: Jakarta

USAID. 1982. *Designing Sewer System*. United States Agency for International Development: Washington

[www.google.earth.com](http://www.google.earth.com) diakses pada hari Minggu tanggal 28 September 2014 pukul 19.06 WIB

[www.jpnn.com/read/2014/04/23/230114/Limbah-Domestik-Dominasi-Pencemaran-Kali-Surabaya](http://www.jpnn.com/read/2014/04/23/230114/Limbah-Domestik-Dominasi-Pencemaran-Kali-Surabaya) diakses pada hari Selasa tanggal 3 September 2014 pukul 22.00 WIB

[www.p2kp.org/wardetil.asp?catid=1&mid=&Form\\_Page=189&tp=&](http://www.p2kp.org/wardetil.asp?catid=1&mid=&Form_Page=189&tp=&) diakses pada hari Minggu tanggal 28 September 2014 pukul 19.10 WIB

[www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-7](http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-7) diakses pada hari Minggu tanggal 28 September 2014 pukul 19.15 WIB

[www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-8#reference\\_book7934](http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment/hardware/semi-centralised-wastewater-treatments-8#reference_book7934) diakses pada hari Minggu tanggal 28 September 2014 pukul 19.21 WIB

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Madiun, 28 September 1992, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal diantaranya: TK/ RA Al Irsyad Madiun selama 2 (dua) tahun, MI Islamiyah 03 Madiun selama 6 (enam) tahun, SMP Negeri 1 Madiun selama 3 (tiga) tahun, SMA Negeri 2 Madiun selama 3 (tiga) tahun kemudian penulis melanjutkan pendidikan formal di perguruan tinggi negeri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Jurusan Teknik Lingkungan FTSP pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 33111000125. Penulis aktif mengikuti kegiatan non akademik selama masa perkuliahan, diantaranya: Staff Riset dan Teknologi (Ristek) Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS 2011, Staff Ahli Riset dan Teknologi (Ristek) Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) 2012, Koordinator sub acara *eco challenge* LITL (Lomba Inovasi Teknologi Lingkungan) ITS 2012, Anggota sub acara *entertainment show* ITS EXPO 2011, Anggota sie *sponsorship* Kampung Binaan (KAMBIN) Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) 2011, Panitia Pekan Ilmiah Nasional (PIMNAS) 26 Mataram, dan kegiatan kepanitian lain di ITS. Penulis juga pernah mengikuti pelatihan *softskill* dan seminar baik yang diadakan di lingkup ITS maupun di luar.